



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**UTILIZAÇÃO DE GUIAS CIRÚRGICAS NA COLOCAÇÃO DE
IMPLANTES. ESTADO DA ARTE**

Trabalho submetido por
Amanda Lengo Gómez
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

setembro de 2021



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**UTILIZAÇÃO DE GUIAS CIRÚRGICAS NA COLOCAÇÃO DE
IMPLANTES. ESTADO DA ARTE**

Trabalho submetido por
Amanda Lengo Gómez
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Vitor Tavares

setembro de 2021

“Só vemos aquilo para que olhamos. Olhar é um ato de escolha” – John Berger

Agradecimentos

No final deste percurso encontro-me extremamente feliz e grata por tudo o que tenho aprendido, partilhado e vivido, por isso gostaria de dedicar umas palavras às pessoas importantes que, ao longo deste caminho, foram uma ajuda fundamental para que eu me tornasse na pessoa que sou hoje.

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus pais pelo amor, educação e confiança que sempre me deram.

Gostaria de agradecer a todos os professores que me deram formação ao longo deste percurso, em especial ao meu orientador, Vitor, que me tem sempre ajudado neste trabalho, pela sua confiança e competência.

Deixo uma palavra de agradecimento também ao meu namorado Emanuele, com quem espero continuar a viver mais aventuras, pelo carinho e apoio constante.

Por fim, um enorme obrigada aos meus amigos, que são um pilar fundamental na minha vida, em especial à Carmen, Katy e Marta.

RESUMO:

A perda de elementos dentários sempre foi uma preocupação para o ser humano. Então, desde civilizações mais antigas, tem-se procurado repor os dentes ausentes com diversos materiais.

Para a substituição dos dentes perdidos existem várias hipóteses de tratamento, nomeadamente, as próteses removíveis tradicionais, próteses fixas e ainda próteses sobre implantes.

Com a reabilitação através de implantes visamos ter bons resultados, tanto a nível funcional como estético, com baixo risco de complicações. A condição indispensável para o êxito e durabilidade do procedimento é a osteointegração, que está vinculada a um correto posicionamento tridimensional que, por sua vez, pode reduzir complicações biológicas melhorando a estabilidade ao longo do tempo dos tecidos duros e moles, obtendo assim uma oclusão e carga ideal sob os implantes.

Hoje em dia temos ao nosso dispor tecnologias que vão dar uma maior previsibilidade no tratamento com implantes, como é o exemplo das guias cirúrgicas.

Neste trabalho vamos focar-nos no estado atual no planeamento da cirurgia de implantes, que se tem convertido num dos procedimentos cirúrgicos com maior procura, devido à funcionalidade, estética e conforto, contribuindo, assim, para a melhoria da qualidade da vida dos doentes.

A pesquisa para a elaboração do trabalho vai ser feita através das bases de dados Pubmed, Scielo, Google Scholar e Cochrane Library dos últimos 5 anos.

Palavras-chave: Guided surgery, CAD-CAM, computer guided, dental implant surgery.

ABSTRACT:

Dental loss has always been a concern for humans. In fact, even the most ancient civilizations have tried to replace lost or missing teeth with various types of materials.

There are several treatment options for replacing missing teeth including traditional removable dentures, fixed dentures, and even implant-supported dentures. With the implants we aim to have good results, both functional and aesthetic, with a low risk of complications. The essential condition for the success and duration of the procedure is osseointegration, which is linked to a correct three-dimensional positioning which, in turn, can reduce biological complications by improving the stability of hard and soft tissues over time, thus obtaining a occlusion and an optimal load towards the implants.

Today, we have technologies at our disposal, such as surgical guides, which will provide greater predictability in implant treatment.

In this work we will focus on the current state of implant surgery planning, which has become one of the most sought-after surgical procedures due to its functionality, aesthetics and comfort, thus helping to improve the quality of life of patients.

The research for the elaboration of this work will take place through articles of the last 5 years present on databases such as Pubmed, Scielo, Google Scholar and Cochrane Library.

Key words: Guided surgery, CAD-CAM, computer guided, dental implant surgery.

SINTESI:

La perdita di elementi dentali è sempre stata una preoccupazione per gli esseri umani. Infatti, anche le civiltà più antiche hanno cercato di sostituire i denti persi o mancanti con varie tipologie di materiali.

Esistono diverse opzioni di trattamento per la sostituzione dei denti mancanti tra cui le tradizionali protesi rimovibili, protesi fisse, ed anche protesi supportate da impianti. Con gli impianti puntiamo ad avere buoni risultati, sia funzionali che estetici, con un basso rischio di complicanze. La condizione essenziale per il successo e la durata della procedura è l'osteointegrazione, che è legata ad un corretto posizionamento tridimensionale che, a sua volta, può ridurre le complicanze biologiche migliorando la stabilità dei tessuti duri e molli nel tempo, ottenendo così un'occlusione ed un carico ottimale verso gli impianti.

Oggi abbiamo a nostra disposizione tecnologie, come ad esempio le guide chirurgiche, che forniranno una maggiore prevedibilità nel trattamento con impianti.

In questo lavoro ci concentreremo sullo stato attuale della pianificazione della chirurgia implantare, che è diventata una delle procedure chirurgiche più ricercate per la sua funzionalità, estetica e comfort, contribuendo così a migliorare la qualità della vita dei pazienti.

La ricerca per l'elaborazione di questo lavoro avverrà attraverso articoli degli ultimi 5 anni presenti su database come Pubmed, Scielo, Google Scholar e Cochrane Library.

Parole chiave: Guided surgery, CAD-CAM, computer guided, dental implant surgery.

ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. DESENVOLVIMENTO.....	13
2.1 ESTADO ATUAL DA IMPLANTOLOGÍA.....	13
2.2 RETROSPETIVA HISTÓRICA DOS IMPLANTES.....	14
2.3 O OSSO.....	18
2.3.1 TIPO DE OSSO.....	20
2.3.2 ESTRUTURAS ANATÓMICAS.....	22
2.3.3 MODELAÇÃO E REMODELAÇÃO OSSEA.....	26
2.3.4 OSTEointegração.....	29
2.3.5 INTERFACE TECIDO MOLE/ IMPLANTE.....	31
2.3.6 ESTABILIDADE PRIMÁRIA.....	33
2.4 SUCESSO ≠ SOBREVIVÊNCIA.....	35
2.5 EXAMES COMPLEMENTARES DE DIAGNÓSTICO.....	38
2.6 CAD-CAM.....	40
2.7 TIPOS DE GUIAS CIRÚRGICAS.....	45
2.8 PROTOCOLOS CLÍNICOS.....	52
3. CONCLUSÕES.....	61
4. BIBLIOGRAFÍA.....	63

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

BP: Broca piloto

CAD-CAM: Computer Aided Design- Computer Aided Manufacturing

CBCT: Cone Beam Computed Tomography

DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine

FH: Free Hand

OMS: Organização Mundial da Saúde

RM: Ressonância Magnética

TC: Tomografia Computorizada

TG: Totalmente guiada

3D: Tridimensional

1. INTRODUÇÃO

É demonstrado que, ao longo dos anos, o consumo exagerado de açúcar e a falta de higiene oral levam à perda dos elementos dentários. Na história existem vários casos relatados de pessoas com um elevado status social, de que é exemplo a situação descrita pelo advogado alemão Paul Hentzner, em 1612, numa das suas viagens. Nesta altura, teve oportunidade de conhecer a rainha Elizabeth I, que descreveu como “uma pessoa com uma imagem muito digna e que os seus olhos e dentes eram de cor preta”, facto que se deve ao alto consumo de rebuçados de violetas. No mesmo artigo, relatou também que a população de Inglaterra, no geral, fazia um uso excessivo de açúcar (Whitelock., 2013).

A prevalência da ausência dentária funcional foi analisada num estudo, onde se obtiveram os seguintes resultados: desde a década de 90 até ao ano de 2004, a prevalência da perda dentária foi reduzida em 43% e no ano de 2016 houve outra redução de 31,8%. Neste estudo também se constatou que a incidência da perda dentária foi superior a 50% em pessoas que sofriam de doenças crónicas, tais como enfisemas, doenças cardíacas, artrite reumatoide ou um estado de saúde geral fraco. Assim, podemos afirmar que a doença periodontal em conjunto com a cárie dentária são as patologias que causam a perda dos dentes. (Parker et al., 2020).

Esta edentulia leva a uma diminuição da qualidade de vida do paciente, além de ser a causa de um forte impacto psicológico. Também é acompanhada pela redução da função mastigatória, que faz com que o osso subjacente não exerça a sua normal função, perdendo a sua densidade e espessura.

Essa perda de elementos dentários leva ao edentulismo, que é considerado um fracasso das medidas preventivas. Na eventualidade desse edentulismo progredir e se propagar, consequentemente afetará a qualidade de vida do paciente, devido às problemáticas associadas à mastigação e relacionamento social. A sociedade moderna enfrenta a patologia dentária que mais afeta à população - a cárie -, causada pelo aumento da quantidade de açúcar refinado nos alimentos e pelo consumo de elementos cariogénicos.

Como médicos dentistas temos a missão de tentar devolver ao paciente a correta função mastigatória, que pode ser feita através de múltiplas abordagens ao plano de tratamento. Neste trabalho vamos focar-nos na reabilitação através de implantes, que se tem convertido num dos procedimentos cirúrgicos com maior procura, devido à funcionalidade, estética e conforto, contribuindo, assim, para a melhoria da qualidade da vida dos doentes (Henao et al, 2018).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) disponibilizou os dados da prevalência de edentulia, onde foi demonstrado que 4,1% da população mundial foi afetada. Estudos recentes associam essa perda a fatores como a idade, sexo, hipertensão, diabetes ou tabagismo (Mendes et al., 2021).

Este trabalho tem como objectivo compreender melhor o estado atual da utilização de guias cirúrgicas na colocação de implantes dentários. Comparando assim, a precisão dos tipos de guias, tanto convencionais como as realizadas pelo método digital e diferentes protocolos de uso. Também comparamos a facilidade e rapidez de uso de ambas técnicas e diferentes aplicações da inovadora tecnologia digital na medicina dentária.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 ESTADO ATUAL DA IMPLANTOLOGIA

A implantologia pode ser definida como a especialidade da Medicina Dentária que tem como objetivo reabilitar os dentes perdidos, ajudando a reestabelecer a função mastigatória e a estética perdida (Misch, 2019).

Está demonstrado que, na presença de extensa falta de elementos dentários que não foram reabilitados, há uma diminuição da qualidade de vida do paciente. Nos casos de edentulismo total pode optar-se por dois caminhos: o primeiro é o tradicional, com próteses acrílicas completas, que possui como maior vantagem o âmbito económico e como limitações a estabilidade oclusal e o conforto do paciente. Por outro lado, existe a opção de uma solução implanto-suportada, que comporta um esforço financeiro maior e um compromisso do paciente, mas também uma melhor qualidade de vida e estética elevada (Probst et al. 2019).

As vantagens que apresentam as próteses suportadas por implantes comparativamente ao método convencional vão desde o mantimento do osso, a melhor estabilidade da oclusão, aumento da eficiência mastigatória (facto que repercute na nutrição e na saúde geral), uma melhor fonética e um aumento da confiança dos pacientes (Misch 2019).

Os pacientes, hoje em dia, estão mais informados que nunca, devido à evolução das tecnologias e facilidade de acesso às mesmas. Este constitui um dos motivos pelos quais, atualmente, o tratamento com implantes é cada vez mais aceite e procurado pela população (Probst et al. 2019). Outro dos motivos pelo qual este tratamento é altamente procurado é o elevado êxito deste procedimento, oferecendo maior longevidade quando comparado ao método convencional e uma média de sobrevivência de 10 anos em 90% dos casos, o que coloca este procedimento à vanguarda (Misch 2019).

Para alcançar o êxito na implantologia é fundamental que seja efetuada por um cirurgião bem preparado e ocorra um correto planeamento prévio, tanto da cirurgia como da posterior reabilitação, obtendo desta maneira resultados previsíveis (Mendes et al, 2019).

Esta área está em constante evolução, ocupando as novas tecnologias um papel importante no planeamento, ajudando a evitar possíveis problemas e melhorando ainda mais a previsibilidade do procedimento (Mendes et al, 2019).

Atualmente, o Médico Dentista pode servir-se da tecnologia para fazer scan, por exemplo, do modelo do paciente, e recriar previamente a cirurgia e a reabilitação protésica, o que contribui para uma melhoria da previsão do tratamento (Mendes et al, 2019).

Com a introdução da navegação cirúrgica, o posicionamento do implante começou a tomar relevância, já que se comprovaram múltiplas vantagens nos implantes, nomeadamente: melhor noção da profundidade e distância interimplantar, obtenção de oclusão e cargas ideais, resultados estéticos, possibilidade de confecção do artefacto protético e facilidade na higienização, ajudando a melhorar a estabilidade a longo prazo dos tecidos circundantes do implante. Este procedimento, para além das vantagens anteriormente mencionadas, proporciona uma alta previsibilidade ao tratamento, já que confere informações relevantes para o seu sucesso, tais como a espessura do osso ou proximidade das estruturas anatómicas (D'Haese et al. 2017).

2.2 RETROSPETIVA HISTÓRICA DOS IMPLANTES

O professor P.I. Branemark, da Universidade Gotemburgo na Suécia foi o precursor dos implantes e, em 1960, realizou diversos estudos relacionados com o tema, convertendo-se, assim, na primeira pessoa a descrever o princípio biológico da osteointegração.

No final de 1960, o Professor André Schroeder, pesquisador suíço, foi responsável pela respetiva confirmação histológica, fazendo uso de novas técnicas de secção e fixação. Tornou-se, então, o primeiro a documentar o contacto direto entre a superfície do implante e o tecido ósseo circundante e foi o responsável pela atribuição do termo “anquilose funcional”. Investigou também a integração tecidular em diversos materiais e, anos mais tarde, foi pioneiro na exposição das reações do tecido mole aos implantes.

Ambos os investigadores mencionados acima formaram duas equipas, onde conduziram experiências com base em diferentes superfícies de implante e cicatrização. Desta forma, Branemark usou implantes do tipo parafuso de titânio, constituído por uma superfície lisa e uma cicatrização submersa do implante (Lorusso et al. 2020).

Por outro lado, Schroeder utilizou uma superfície jateada com plasma, que era mais microporosa, logo mais rugosa e uma cicatrização transmucosa, já que o *abutment* formava parte do implante, sendo uma peça única (Nesic et al., 2020).

Nas décadas que sucederam foram desenvolvidos diversos materiais e protótipos de implantes, destacando-se os de origem alemã, como por exemplo o implante de cerâmica Tuebingen ou o sistema IMZ sem rosca e pulverizado com plasma. No entanto, no final de 1980, a tendência alterou para o uso do titânio puro como material de eleição, assim como espiras e uma superfície, nomeadamente usinada ou pulverização com plasma, tal e como podemos ver na figura 1 (A e B). (Ravidà et al., 2018).

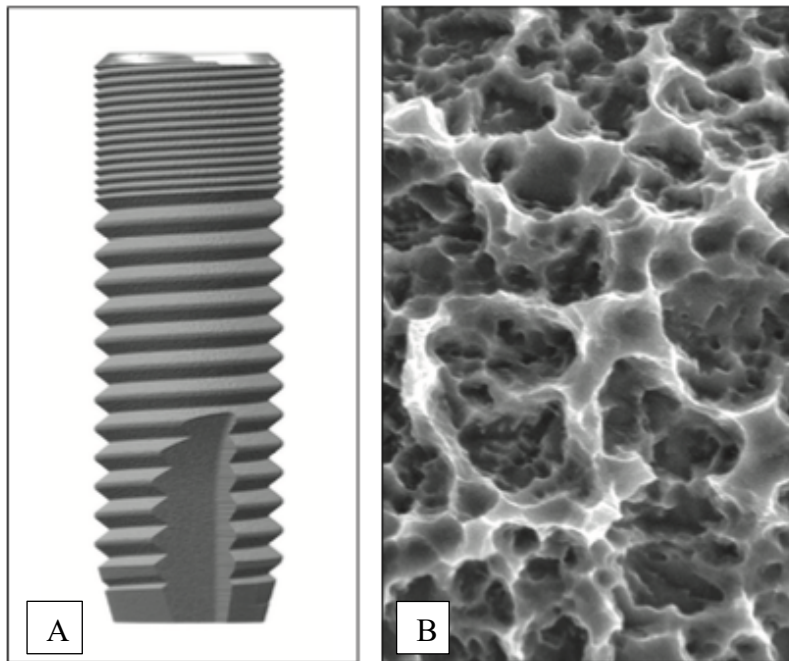


Figura 1 (A e B) Superfície do implante com rugosidades, estas rugosidades proporcionam maior osteocondutividade do que outros tipos de superfícies maquinadas. Imagem adaptada do livro: Beumer, J., Faulkner, R.F., Shan, K.C., Moy, P.K., & Alessandro Pozzi. (2015). *Fundamentals of implant dentistry*. Quintessence Publishing Co. Inc.

A partir deste momento verificou-se um aumento da procura de implantes por parte dos pacientes, nomeadamente daqueles parcialmente desdentados, facto que impulsionou a pesquisa clínica com o objetivo de melhorar o osso e tecidos moles. Com este intuito, foram desenvolvidos procedimentos de aumento ósseo. Em 1990, iniciaram-se os primeiros estudos de regeneração óssea guiada aplicada em pacientes e modificações no protocolo cirúrgico para reduzir possíveis complicações.

Branemark disponibilizou os seus implantes com uma superfície com mais porosidades e rugosidades utilizando oxidação anódica, chamados TiUnite. Estes implantes foram verificados através de estudos pré-clínicos, com o objetivo de determinar a melhor resposta óssea.

Nesta década foi também documentado o protocolo de carga imediata para pacientes totalmente desdentados pela primeira vez na Alemanha. Assim, a estética passou a ser

um tema de grande interesse, o que levou a que o correto posicionamento se tornasse num fator imprescindível para um resultado satisfatório. (Buser et al. 2017)

Com a entrada no novo milénio, foi implementada a Tomografia computadorizada de feixe cónico tridimensional, que veio substituir a TC, até então utilizada para o planeamento implantar devido à menor dose de radiação para o paciente e melhor qualidade de imagem. Com isto, foi revolucionada a conceção do planeamento convencional de implantes, que posteriormente permitiu dar os primeiros passos em direção à fabricação de elementos protésicos assistida por computador.

Surgiu no mercado um software de gestão e aplicação de dados DICOM (Digital imaging and communications in medicine), criado pela Dentsply Sirona (antes chamada SimPlant), que ajudou à sinergia entre cirurgia - próteses. Mesmo assim, à época, não existia ainda nenhuma ferramenta computadorizada para o fabrico dos dispositivos, o que estimulou mais tarde a confeção guiada por TC, que levou à utilização da primeira guia de perfuração com suporte ósseo (SurgiGuide).

Foram desenvolvendo as técnicas estereolitográficas, não apenas para o respetivo uso em osteotomia, mas também para a colocação de implantes, dado que numerosos estudos apoiavam a superioridade da técnica, reduzindo os desvios na entrada e as discrepâncias angulares quase a metade no que diz respeito à técnica *free-hand*, que foi introduzida com o sistema SAFE SurgiGuide. Este sistema foi limitado aos implantes mais populares naquela altura (implantes hexagonais externos), problema que foi resolvido posteriormente com suportes de implantes, permitindo o uso do SAFE *SurgyGuide*.

No campo da prótese, as melhorias do software de planeamento bridaram a capacidade de trabalhar visualizando implantes, *abutments* e dentes virtualmente, tornando o conceito de cirurgia totalmente guiada possível, graças ao CAD-CAM, sem a indispensabilidade de impressões tradicionais, por mérito do scanner intraoral.

O titânio é o biomaterial mais utilizado atualmente nos implantes devido às suas propriedades físico-químicas e térmicas, que permitem a osteointegração. Não obstante, na última década, os implantes de cerâmica regressaram e a nova tendência são os de zircónio, sobretudo pelo elevado grau de estética e pela procura de restaurações livres de metal (Lorusso et al. 2020).

Investigações recentes afirmam que a falha de implantes de titânio pode dever-se à libertação do metal, já que foram encontrados restos em macrófagos e inclusive em linfonodos locais nos implantes com falha. Também é evidenciado, através dessas investigações, uma menor acumulação de biofilme nas superfícies de zircônio do que nas de titânio (Balmer et al. 2010).

Estudos pré-clínicos e clínicos afirmam que são análogos aos de titânio puro com superfície microrugosa. A composição destes consiste em policristais de zircônio tetragonal estabilizados com itria (Y-TZP) ou óxido de alumínio compensado (TZP), que apresentam propriedades físico-químicas convenientes, como boa compatibilidade e igual osteointegração aos implantes de titânio puro (Gross et al. 2020). Quanto à sua resistência e envelhecimento ainda não existem certezas, já que só existem estudos com períodos de seguimento de 5 anos. Estes estudos, até ao momento, demonstram que a resistência e envelhecimento têm um período de médio prazo, tal como os implantes de zircônio que, devido à sua composição de origem natural, apresentam impurezas (Balmer et al. 2010).

Em falta fica a existência de estudos que verifiquem se os implantes em zircônio podem ser uma opção pertinente aos implantes de titânio puro.

2.3 O OSSO

O sucesso dos implantes está diretamente relacionado com a quantidade e qualidade de osso. Nos últimos anos, o interesse na mecânica e dinâmica do osso tem aumentado, com o intuito de melhorar a estética e proporcionar maior densidade em zonas que assim o necessitem (Kim et al. 2020).

Histologicamente, o osso é um tecido conetivo mesenquimal altamente especializado, com uma matriz extracelular mineralizada que proporciona suporte ao esqueleto humano. É também um tecido dinâmico, pois sofre processos de remodelação ao longo da vida. Além disso, exerce a função fisiológica, pois participa de forma ativa no mantimento da homeostasia do cálcio regulada pelas hormonas e como depósito de fosfato (Kim et al. 2020).

Embriologicamente, o osso pode ser originado por dois processos distintos, que são a ossificação intramembranosa ou a ossificação endocondral. O primeiro ocorre quando as células mesenquimais embrionárias com grande vascularização formam depósitos de colagénio onde estão presentes osteoblastos, que liberam tecido ósseo, onde mais tarde vão ser depositados sais de cálcio. Como podemos observar na figura 2 (A e B), existem vários centros de formação de novo osso. Este tipo de ossificação dá-se na porção circundante ao crânio, maxila, parte da mandíbula, da omoplata e da clavícula. No segundo processo, as células estaminais mesenquimais embrionárias diferenciam-se em condrócitos que segregam cartilagem hialina primitiva. Posteriormente há hipertrofia dos condrócitos, que é fundamental para a diferenciação dos osteoblastos, os vasos sanguíneos infiltram-se, recrutando células que degradam e reabsorvem a cartilagem para ser substituída ulteriormente por osteoides. Quando ocorre a infiltração dos vasos, dá-se a formação de um centro de ossificação primário que se propaga no decorrer do desenvolvimento embrionário e, posteriormente, dá-se a criação de centros de ossificação secundários que se apresentam nas extremidades dos ossos. Este tipo de ossificação abrange os ossos de suporte e os ossos das articulações e julga-se que abrange também porção da mandíbula e grande parte dos ossos da base do crânio. (Salhotra et al. 2020)

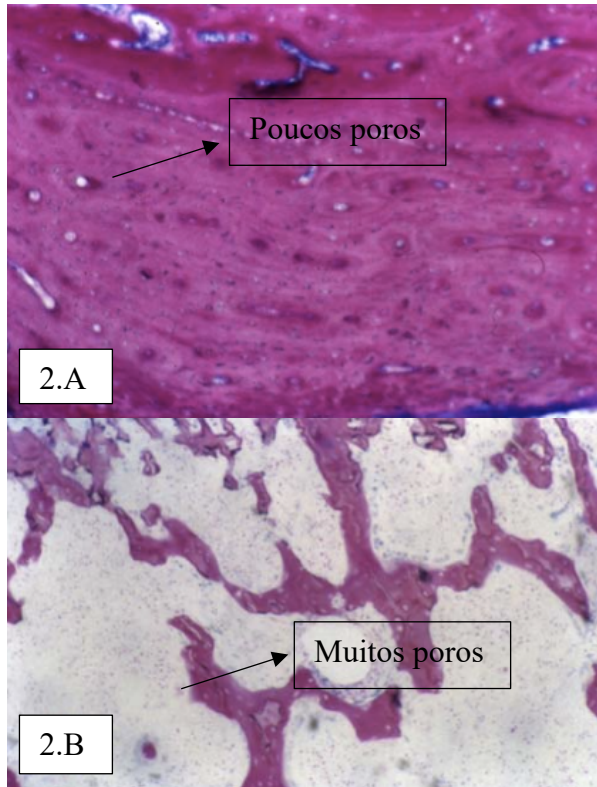


Figura 2 (A e B). Vista histológica de tecido ósseo cortical (A). Vista histológica de tecido ósseo trabecular. Imagem adaptada do livro: Adriano Piatteli. *Bone response to Dental Implant Materials*. Amsterdam. Elsevier/Woodhead Publishing, 2017.

2.3.1 TIPO DE OSSO

É de vital importância ter noção em que tipo de osso estamos prestes a realizar a intervenção, os seus limites e as estratégias mais adequadas para cada caso.

Existe uma ampla gama de técnicas para a medição da densidade óssea, entre elas a radiogrametria, que mede a espessura do córtex de metacarpos ou ossos tubulares da região da mão, mas unicamente proporciona informação sobre a alteração no volume ósseo. Outros exemplos de técnicas são a técnica de dispersão Compton, a fotodensimetria radiográfica e tomografia computadorizada quantitativa (Tina Chugh et al. 2013)

Com o passar dos anos, múltiplas classificações foram propostas na literatura para facilitar a conciliação sobre o tipo ósseo.

- Linkow (1970) foi responsável pelo desenvolvimento de três categorias: Classe I - osso com trabéculas espaçadas de maneira uniforme, com pequenos espaços cancelados, considerando este o osso ideal; Classe II - espaços maiores e padrão ósseo menos uniforme; Classe III - grandes espaços ocupados com medula intertrabecular.

- Lekholm, Zarb (1985) classificou o osso com base na quantidade de osso cortical e trabecular. Assim, como é mostrado na figura 3, definiu o tipo 1 como osso compacto e uniforme, o tipo 2 como osso compacto à volta de um núcleo de osso trabecular denso, o tipo 3 como núcleo de osso trabecular denso com uma camada fina de cortical à volta e o tipo 4 como o núcleo de osso trabecular pouco denso com uma camada fina de cortical ao redor.

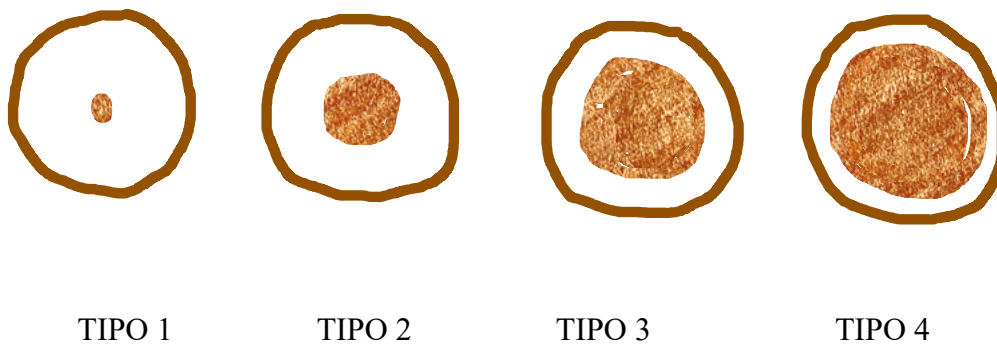


Figura 3. Autoria própria inspirada do Journal of Oral Biology and Craniofacial Research. (Chugh et al. 2013)

- Roberts, Turley (1987) realizou a classificação do osso segundo a densidade macroscopicamente, da mais densa para a menos: cortical densa, cortical porosa, trabecular competente e trabecular fina.

- Misch (1988) expôs primeiramente quatro tipos de osso na maxila e mandíbula desdentada assente na densidade e aspetos macroscópicos. Assim, definiu o osso D1 como cortical denso, o D2 como cortical poroso denso na superfície e osso trabecular consistente subsequentemente, o D3 como osso cortical poroso fino e trabecular fino e o D4 como osso cortical da crista quase inexistente e osso trabecular fino que abrange quase a totalidade do espaço.

Mais tarde, em 1993, com base na percepção clínica de perfuração em implantes, fez a seguinte classificação: D1 é semelhante à madeira de carvalho; D2 análogo à perfuração em abeto; D3 semelhante à madeira balsa; D4 equivalente a poliestireno.

Misch ainda fez uma posterior classificação, em 1999, de acordo com as unidades de Hounsfield (UH), que é uma técnica fácil e veloz com grande fiabilidade que utiliza tomografia computadorizada, tanto imagens axiais como sagitais, para representar a qualidade óssea (Qasim Zaidi et al. 2019). Na figura 4 estão representados, sendo D1 superior a 1250 UH, este tipo de osso localiza-se na região anterior da mandíbula, no palato médio e na linha oblíqua. D2, que se encontra entre 1250-850 UH, situa-se

especialmente na região anterior da maxila, no palato médio e na parte posterior da mandíbula. D3, entre 350-850 UH, encontra-se na zona posterior da maxila e da mandíbula. D4, entre 350-150 UH, está localizado na área da tuberosidade. Por fim, classificou D5 como um osso com valores menores a 150 UH. (Chugh et al. 2013) (Gonzalez-Serrano et al. 2018).

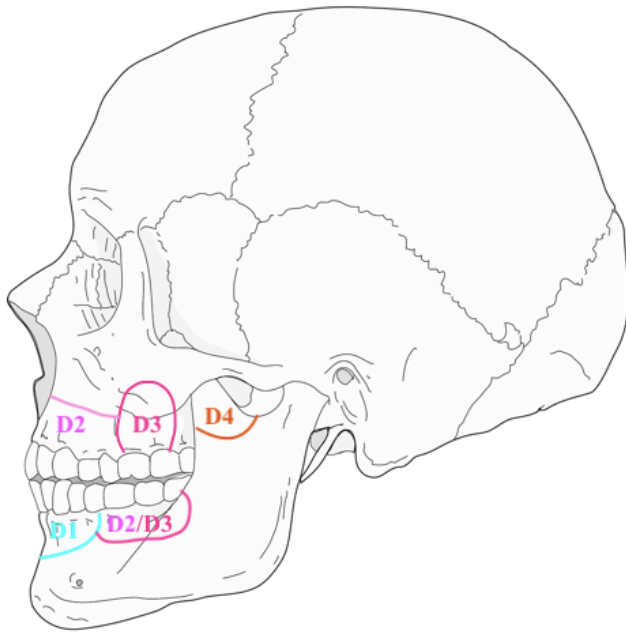


Figura 4. Autoria própria inspirada do Journal of Oral Biology and Craniofacial Research. (Chugh et al. 2013)

2.3.2 ESTRUTURAS ANATÓMICAS

A cirurgia implantar é uma excelente opção de tratamento odontológico, não só pelo conforto para o paciente, como já foi mencionado anteriormente, mas também pela sua previsibilidade nos resultados. No entanto, deve também ter-se muito presente as estruturas anatômicas circundantes, já que em intervenções deste tipo podem ser facilmente lesadas, levando a complicações como a parestesia e hemorragia (Iwanaga et al. 2020), evoluindo assim para um quadro de agitação e stress tanto para o paciente como para nós, médicos dentistas (Gaêta- Araujo et al. 2020).

Estudos recentes realizados por Gaêta-Araujo, em 2020, têm relatado que a angulação do implante e a posição podem condicionar o resultado, sendo que se tem verificado que o espaçamento entre o implante e a estrutura adjacente (seja um dente natural ou outro implante) repercute sobre a perda óssea marginal, assim como sobre a ocupação do espaço inter-proximal por mucosa, tendo um impacto estético consequente (Gaêta- Araujo et al. 2020).

Foi permitido observar nos mesmos estudos que as estruturas que têm risco de sofrer danos encontram-se principalmente na maxila e na mandíbula. Na maxila, ordenados de maior risco para o menor temos o seio maxilar, lâmina cortical vestibular, artéria palatina maior e artérias alveolares superiores posteriores. Na mandíbula, ordenados pela mesma ordem temos o canal mandibular, a placa cortical lingual e a placa cortical vestibular. As mais frequentes são a perfuração do seio maxilar e a cortical vestibular para a maxila e a fossa submandibular, canal mandibular e cortical vestibular para a mandíbula (Gaêta-Araujo et al. 2020).

As complicações da lesão das estruturas podem ser, no canal mandibular, uma parestesia ou até uma dor contínua e acentuada. Estas perturbações são pouco comuns e normalmente têm potencial de retornar ao estado original.

O aprofundamento no seio maxilar na área posterior durante o procedimento implantar pode causar sinusite. Cabe mencionar que existe mais probabilidade de perfurar a membrana na presença de septos no seio maxilar, risco acrescentado quando associado ao tabagismo e à reduzida altura óssea ($< 3,5\text{mm}$) (Iwanaga et al, 2020).

O dano do canal incisivo também tem efeitos a nível neuronal, acompanhada de dor. O prejuízo da cortical vestibular pode trazer a deiscência dos tecidos, tal como a fenestração, podendo propiciar recessão que fomenta a exposição do implante e determina a falha e ainda pode gerar um extenso hematoma no pavimento do cavo oral, provocando inclusivamente o bloqueio das vias respiratórias (Gaêta- Araujo et al. 2020).

A literatura contemporânea regista que fatores como o género podem condicionar a morfologia de algumas estruturas. Um estudo realizado por Genç em 2018, comprovou que o espessamento da membrana sinusal estaria relacionado com o género da pessoa, sendo que os indivíduos do sexo masculino apresentaram maior espessamento da membrana sinusal. No que diz respeito ao diâmetro e forma do canal nasopalatino, 60,6%

das pessoas do sexo masculino apresenta uma forma redonda e com um diâmetro maior, e 46,3% dos indivíduos do sexo feminino apresenta uma forma ovalada e de diâmetro menor, em comparação ao sexo masculino.

Este estudo alega que a posição dos septos é alterada de pessoa para pessoa. Assim, relataram possíveis locais onde encontrá-los, sendo na região buco-palatina, na maior parte dos casos, ou em posição mésio-distal e paralelo ao pavimento do seio maxilar. Para que se tenha conhecimento da correta situação dos septos, os autores recomendam a obtenção de um exame CBCT (Gaêta- Araujo et al. 2020).

O valor médio do comprimento do canal nasopalatino é de $11,03 \pm 2,52\text{mm}$.

A artéria alveolar superior posterior foi descrita em 46,1% dos casos no seio, na área profunda da parede lateral, com uma largura de $< 1\text{mm}$.

O foramen mentoniano foi verificado em 86,1% do grupo de estudo, entre o primeiro e segundo pré-molar.

Também assinalaram que o diâmetro do forame lingual é em maior proporção de $\leq 1\text{mm}$. (Genç et al. 2018)

Em relação à artéria palatina maior e ao nervo, como podemos ver esquematicamente na figura 5, entendemos que ao longo do palato se ramifica imensamente e que a profundidade é variável, daí ser necessária a constatação tridimensional. Esta estrutura, quando se lesiona, desencadeia uma extensa hemorragia e em ocasiões pode levar à necrose do palato (Iwanaga et al, 2020).

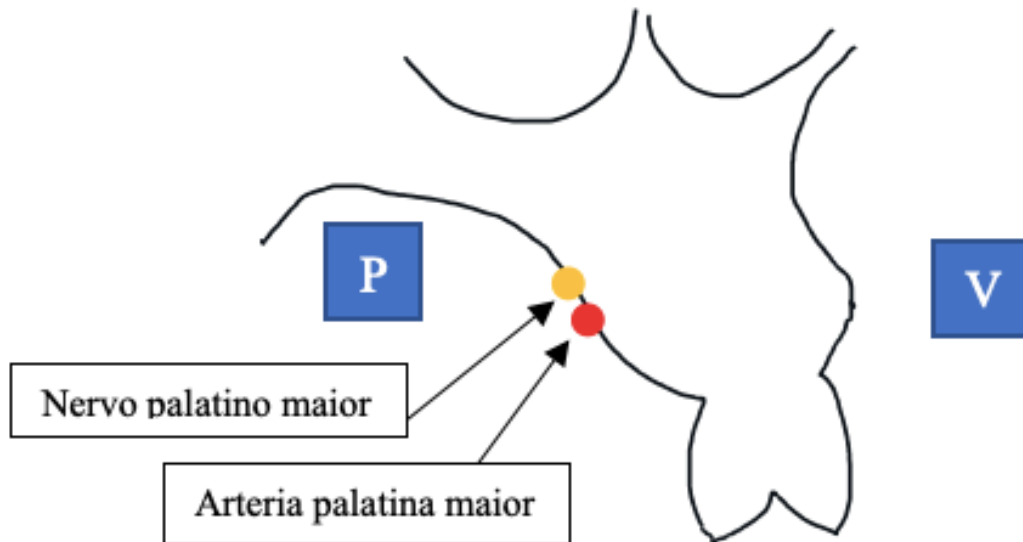


Figura 5. Corte coronal da artéria e nervo palatino. V= vestibular, P=palatino. Autoria própria, inspirada de: Surgical and Radiologic Anatomy. (Iwanaga et al, 2020).

Outros estudos propuseram diretrizes de modo a evitar o dano das estruturas, onde concluíram que um limiar de garantia de 1,7mm de altura seria suficiente para a inserção de implantes na região posterior da mandíbula. (Özalp et al. 2018).

Não obstante, nem sempre é possível evitar estas estruturas devido à diferença de posição de pessoa para pessoa. Nestes casos, deve saber-se atuar em tempo reduzido de forma a diminuir as repercussões. Os procedimentos podem ser variados, consoante a complexidade do dano. No caso de vasos pequenos, pode ser suficiente com o tamponamento ou aplicação de um vasoconstritor como aquele que vem incorporado em alguns anestésicos. Noutros casos pode ser necessário a utilização de fármacos que contêm propriedades antifibrinogénicas, como o ácido tranexâmico, ou a utilização de materiais hemostáticos, como a esponja de celulosa. Nos casos mais complexos, como a laceração da artéria palatina, pode ser necessária a ligação do vaso com suturas e

compressão de seguida ou cauterização com um bisturi elétrico, embora atualmente existam numerosos novos protocolos de atuação (Iwanaga et al, 2020).

Para conseguir evitar a laceração destas estruturas é fundamental o conhecimento da anatomia e o recurso à palpação, assim como um planeamento pré-cirúrgico preciso com ferramentas radiológicas válidas. Estudos afirmaram que o CBCT (tomografia computadorizada de feixe cónico) é o exame com melhores resultados para avaliar estruturas no que diz respeito à qualidade de imagem, menor tempo de exposição e radiação, captação de vários dados em pouco tempo e custo mais baixo em comparação à TC (Özalp et al. 2018).

2.3.3 MODELAÇÃO E REMODELAÇÃO ÓSSEA

No esqueleto existem basicamente dois tipos de osso, como mencionado anteriormente: o osso cortical, que é consistente e sólido, que corresponde a 80% do volume do esqueleto e serve de proteção; E o osso trabecular, que se apresenta no interior das extremidades nos ossos longos e providencia ao corpo magnésio, fósforo e cálcio. (Salhotra et al. 2020)

O osso, ao ser um tecido dinâmico, necessita ser remodelado de maneira contínua ao longo da sua vida, com o objetivo de preservar as suas funções tanto de suporte como de reservatório de substâncias essenciais. (Kim et al. 2020)

Existem dois processos causadores da renovação do osso, que são a modelação e a remodelação óssea. O primeiro decorre desde a etapa fetal até à maturidade do esqueleto e serve para formar ou reabsorver osso, pelos osteoblastos ou pelos osteoclastos, em determinados lugares. O segundo decorre durante a maturidade do esqueleto, ou seja, na etapa adulta, e acontece de forma sequencial. (Myneni et al. 2017)

A modelação tem como objetivo ampliar a quantidade de osso, mas também remodelar osso ou modificar o eixo do córtex perante a presença de estímulos fisiológicos. Estes estímulos são produzidos a nível local ou sistémico perante a presença de forças mecânicas e, quando atinge o limite, ativa-se a modelagem de formação mediada pelos osteoblastos. A modelagem subdivide-se em modelagem de formação ou reabsorção e estas duas devem estar organizadas entre si para guiar a correta disposição do osso. É

dividida em duas fases, sendo que a primeira é de ativação, onde tem lugar a acumulação de células precursoras de osteoclastos e osteoblastos que, quando estimuladas, se vão diferenciar. É na segunda fase, de formação ou reabsorção, que estas células maduras vão formar ou eliminar osso localmente. Como descrito previamente, este processo ocorre até à maturidade. Na etapa adulta, a assiduidade é menor e em alguns casos está ligada a osteodistrofia renal ou hipoparatiroidismo ou substâncias anabólicas (Myneni et al. 2017).

Por outro lado, a remodelação óssea acontece ao longo da vida com o intuito de manter a massa óssea e ocorre a cada 10 anos (Langdahl et al. 2016).

O processo de remodelação, como podemos observar na figura 6, dá-se em locais onde existem quatro tipos de células - osteoclastos, osteoblastos, osteócitos e células de revestimento ósseo -, que passam por cinco etapas. A primeira denomina-se **início** e é semelhante ao processo de modelagem, onde existe acumulação e ativação de osteoclastos. Na segunda, etapa de **reabsorção**, os osteoclastos segregam ião hidrogénio para reduzir o pH para 4.5, favorecendo a desintegração da matriz do osso e deixando-a exposta perante a ação de enzimas proteolíticas resultantes dos osteoclastos. Posteriormente, estes osteoclastos passam por apoptose e este processo tem uma duração de 2 a 4 semanas, em cada período de renovação (Myneni et al. 2017).

Na etapa de **reversão** é detida a reabsorção mediada pelos odontoclastos e as células de revestimento são as responsáveis por limpar os restos de colagénio para, posteriormente, os odontoblastos conseguirem criar uma primeira camada de proteínas colágenas, crucial para a ligação dos odontoblastos na seguinte etapa.

Na etapa de **formação**, nas zonas onde previamente houve reabsorção, os osteoblastos maduros vão criar uma matriz não mineralizada chamada osteoide, que vai sofrer dois processos de mineralização, nos quais se adicionam iões de fosfato, cálcio e minerais.

Na etapa de **repouso** os odontoblastos remanescentes passam a organizar-se em células de revestimento ósseo que vão depositar-se sobre a superfície. (Myneni et al. 2017)

O equilíbrio entre estes dois processos de modelação e remodelação é importante, já que uma desregulação pode resultar em patologias como a pós-menopausa e formas secundárias de osteoporose. (Kim et al. 2020)

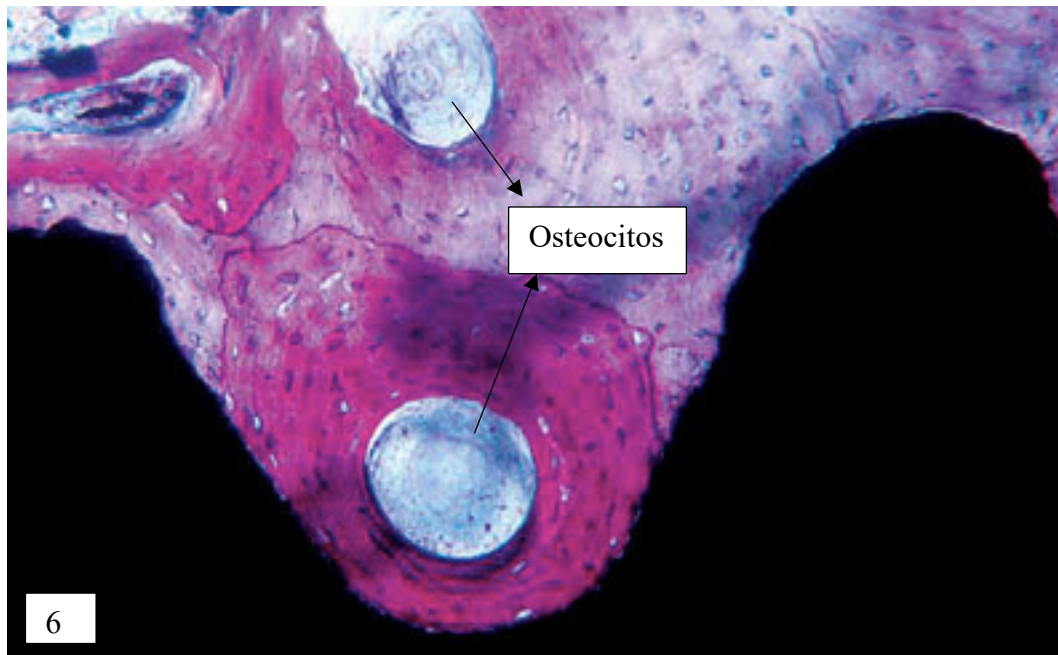


Figura 6. Implante depois de ser retirado do corpo. Osso compacto com múltiplas áreas de remodelação nas áreas circundantes ao implante. Imagem adaptada do livro: Romeo, E., Annunziata, M., Blais, A., Bottamedi, S., Capelli, M., & Casentini, P. et al. (2014). *Il successo in implantologia: Diagnosi, piano di trattamento e protocolli operativi*. Edra.

Cabe destacar que, em pacientes com patologias como diabetes ou déficit de absorção de vitamina K, estes processos estão alterados, existindo um elevado risco de desenvolvimento de osteoporose. Sabemos que existe uma relação entre a diabetes tipo 2 e o metabolismo ósseo, sendo identificado como uma complicação do diabetes. A medicação usada nestes pacientes também pode ter efeitos ósseos, como o grupo das tiazolidionas, que tem a capacidade de influenciar as células mesenquimais para se diferenciar em maior quantidade em adipócitos do que em osteoblastos, causando mais porosidades na cortical. Também a insulina aplicada a este tipo de pacientes atua sobre os osteoclastos. Estudos recentes demonstraram que a metformina reduz a perda óssea, mas mesmo assim, a absorção de elementos fundamentais para os processos de modelação e remodelação óssea continuam a estar comprometidos. (Rathinavelu et al. 2018)

A mecânica óssea tem uma relação significativa com o sucesso implantar, como na técnica de implantes imediatos pós-extrativos, que se tem convertido numa prática cada vez mais aceite, sobretudo no ponto de vista estético. Estudos têm demonstrado que a remodelação óssea é influenciada como resposta a fatores como a superfície do implante, tipo de conexão e tipo de implante (imediato ou diferido). (Katleen et al. 2018)

2.3.4 OSTEOINTEGRAÇÃO

Para obter bons resultados na cirurgia implantar temos que compreender os mecanismos de osteointegração nestes procedimentos.

O conceito de osteointegração foi introduzido pela primeira vez pelo investigador Branemark na década dos 80, quando inseriu um parafuso de titânio num coelho e comprovou que o osso cortical tinha crescido à volta do mesmo (Overmann et al. 2020). Assim, definiu osteointegração como o contato direto entre o implante e osso visto em microscópio ótico (Ruppa et al. 20218).

Definiu, ainda, os seguintes requisitos fundamentais para obter a osteointegração: (Chiapasco and Zaniboni, 2018).

- 1) Escolha de materiais biocompatíveis, como o titânio;
- 2) Uma técnica atraumática, para reduzir o espaço entre o implante e o osso;
- 3) Cicatrização do implante submerso, com o intuito de reduzir o risco de infeção.

Hoje em dia, o significado de osteointegração modificou-se, já que se entende como um mecanismo de defesa dos tecidos perante um corpo estranho, particularmente os implantes (Albrektsson et al. 2019). Esta descrição não tem por que ter uma conotação negativa, já que está estreitamente relacionada ao tipo de material aplicado, como por exemplo o titânio, que é considerado o gold *standart* dos biomateriais no campo da implantologia, pelos estudos clínicos de mais de 25 anos. No entanto, existem vários biomateriais, como as cerâmicas, que são definidas como os materiais confeccionados para aparelhos biomédicos encaminhados a interagir com sistemas biológicos. Estes outros biomateriais visam ter um comportamento promissor, mas ainda faltam estudos clínicos a longo prazo (Guglielmotti et al. 2019).

O mecanismo de osteointegração é complexo, compreendendo o envolvimento celular mediado por estímulos locais, estando diretamente relacionado com a estabilidade primária e o sucesso clínico. Os eventos que acontecem quando o implante é colocado são profusos, mas resumidamente, como temos mencionado anteriormente, os tecidos vão reagir com uma resposta inflamatória acompanhada por angiogénese e posterior osteogénese.

Começa com a adesão do fibrinogénio e trombo na superfície implantar e os neutrófilos migram para o local onde relaxam citocinas e fator de crescimento, que vão dar início à matriz de colagénio adjacente à superfície de metal. Num período de 8 a 12 semanas o tecido ósseo inicia a osteointegração (Insua et al. 2017).

O osso peri-implantar vai sofrer remodelações após o procedimento cirúrgico e também ao longos dos anos, devido à carga mastigatória. Foi provado que os responsáveis por esta remodelação óssea nos tecidos peri-implantares são uns macrófagos chamados OsteoMacs, cujo papel é vigiar e, na presença de um corpo estranho, aglomerar macrófagos, que estão diretamente relacionados com a modelagem e reparo ósseo (Insua et al. 2017).

Existem fatores condicionantes do processo de osteointegração, que podem dividir-se em fatores locais e fatores sistémicos.

Os fatores locais foram formulados por Albrektsson, quem relacionou as características da superfície do implante com a resposta dos tecidos, sendo que enunciou os seguintes requisitos para alcançar a osteointegração: desenho do implante e repartição das cargas, material biocompatível, tipo de osso, técnica aplicada e acabamento (Ruppa et al. 2018).

Atualmente têm-se feito numerosos estudos avaliando os parâmetros anteriormente manifestados e é evidenciado que o material e a superfície do implante são sumamente importantes para o processo de osteointegração. Assim, uma superfície com rugosidade média entre 1-2 na escala Sa tem maior efeito nos odontoblastos a nível celular. No entanto, devemos ter em conta que a escala Sa é inespecífica, ou seja, para diversos tipos de superfícies pode ter o mesmo valor. Então, podemos concluir que a medição das rugosidades tem limites que ainda devem ser ultrapassados (Ruppa et al. 2018).

No que diz respeito aos fatores sistêmicos que estão correlacionados na mecânica óssea de integração, a bibliografia relata extensamente como doenças sistêmicas ou a medicação prescrita alteram o metabolismo ósseo de integração implantar, como no caso do uso da dexametasona ou olpadronato no tratamento com bifosfonato ou no caso da anemia ou diabetes que atestam um aumento de tempo na estabilização dos tecidos peri-implantares (Guglielmotti et al. 2019).

Uma das causas de falha na integração dos implantes ulterior ao sucesso preliminar é a corrosão, que se define como o deterioro do metal devido a um ataque eletroquímico, resultando na libertação de iões para o meio. Estes iões livres vão migrar para regiões afastadas, podendo dar origem à disseminação e até à excreção pela urina. Estudos avaliaram os resultados comparativos entre a corrosão no zircónio e no titânio e apontam que o zircónio é mais biocompatível, uma vez que apresenta menor corrosão (Guglielmotti et al. 2019).

2.3.5 INTERFACE TECIDO MOLE/IMPLANTE

No começo da era dos implantes, o interesse dos estudos estava mais focado na interface osso/implante e no processo de osteointegração, e praticamente nenhuma preocupação era apresentada relativamente aos tecidos peri-implantares ou bem-estar da gengiva.

Em contraposição, este pensamento tem evoluído de tal modo que atualmente concede-se grande importância ao planeamento pré-cirúrgico, já que se entende que a componente estética está associada à saúde dos tecidos peri-implantares. As reabilitações com implantes no setor anterior da maxila, onde a componente estética prima, têm especial relevo, dada a tendência de exposição dessa área, por exemplo na expressão facial de rir. (Hupp, 2017).

Díaz-Sánchez (2019) no seu estudo clínico esclarece que, para conseguir uma estabilidade no implante e uma boa estética é imprescindível prestar especial atenção aos processos de cicatrização, tanto dos tecidos duros como dos moles.

A mecânica peri-implantar difere quando estamos perante uma estrutura dentária ou quando uma componente implantar. No primeiro caso, como se pode verificar na figura 7 na imagem da esquerda, temos a existência de ligamento periodontal e fibras de conjuntivo na interface entre dente e osso, que determina a propriocepção. No segundo caso também existem fibras do tecido conjuntivo que contactam com o implante, mas dispostas de maneira diversa, estando orientadas de forma paralela e com uma altura de 1-2mm (como se pode verificar na figura 7, na imagem da direita). Observa-se na zona apical um recobrimento do implante por parte do epitélio juncional. O implante, em toda a sua extensão, é revestido por tecido conetivo e, por sua vez, este é envolvido por um epitélio juncional revestido de epitélio sulcular, que dão origem ao sulco gengival. Por seu lado, na superfície da crista supra-óssea, de forma a garantir a estabilidade entre tecido mole e implante, existe tecido conjuntivo (Hupp, 2017).

É importante não esquecer que a profundidade de sondagem de um dente natural difere bastante à de um implante, sendo que se considera que um implante está saudável quando a profundidade de sondagem corresponde a 1-2mm a menos do que a altura total entre a crista alveolar e a crista do sulco. (Hupp, 2017).

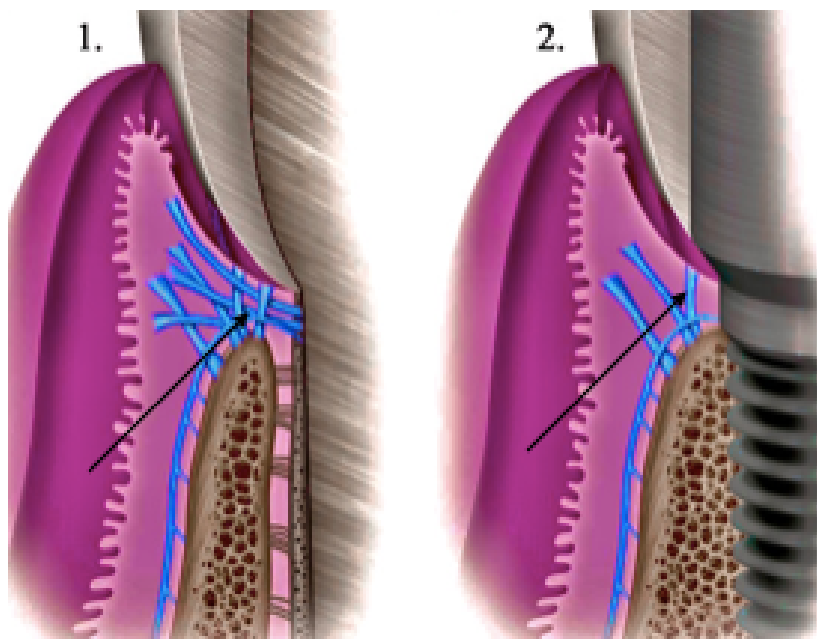


Figura 7, de autoria própria adaptada de Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgery. Introduction to implant dentistry: A student guide (2017).

2.3.6 ESTABILIDADE PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA

Podemos definir a estabilidade primária (apresentada na figura 5) como a ligação mecânica entre osso e implante, sem interferência de agentes biológicos, consecutivamente ao alojamento do implante. Essa ligação mecânica confere estabilidade suficiente ao complexo para aceitar forças de carga. Ao ter uma elevada estabilidade primária, como consequência irá existir menor probabilidade de micromovimentos, que é um fator apresentado como causa de fracasso implantar, já que interfere nos processos ósseos de remodelação e osteointegração. Por este motivo, a estabilidade primária é uma condição indispensável para obter a longevidade e o êxito dos implantes dentários.

Este tipo de estabilidade é alcançado através das características do osso, técnica implantar aplicada e configuração do implante. (Li et al. 2020).

Uma vez que aquele complexo osso-implante esteja ligado mecanicamente, a estabilidade secundária (apresentada a verde na figura 5) torna-se mais prevalente e é considerada como a ligação biológica. Desta forma, promove a neoformação e a deposição de osso nos espaços vazios das áreas circundantes ao implante.

Li (2020) fez um gráfico onde comparou a estabilidade primária e secundária em função do tempo. Como podemos observar na figura 5, imediatamente após a intervenção cirúrgica verifica-se de forma predominante a presença de estabilidade primária. Não obstante, com o passar, das semanas, esta presença vai diminuindo até às 8 semanas, período onde é drasticamente reduzida. No entanto, a estabilidade secundária consecutivamente ao fim do procedimento é representada por valores quase nulos, mas ao longo das semanas posteriores aumenta exponencialmente até estabilizar. No que diz respeito à estabilidade geral (representada na figura 8 a cinzento), cabe mencionar que é normal a sua diminuição na quarta semana.

Este osso neonato pode ser depositado de duas maneiras: a primeira denomina-se osteogénese de contacto e ocorre quando o osso começa a formar-se desde o implante na direção ao osso antigo, acontecendo nos primeiros momentos da cicatrização. (Li et al. 2020)

Posteriormente inicia-se outra neoformação de osso, mas neste caso começa desde o osso primitivo e segue na direção do implante, denominando-se de osteogênese à distância. Desta maneira forma-se, com a estrutura precedente originada da osteogênese de contacto, um complexo interligado, que propicia o relacionamento entre osso e implante, ajudando a fortalecer a estabilidade secundária. (Li et al. 2020)

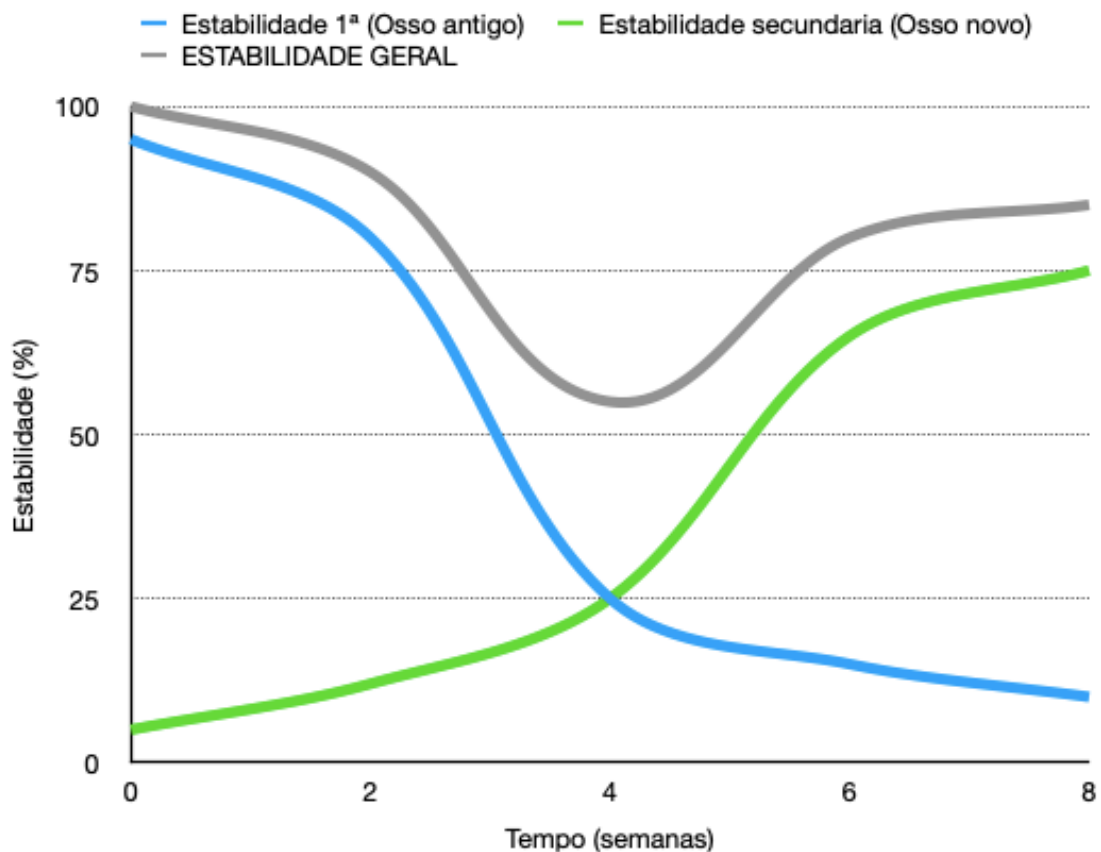


Figura 8. Gráfico representativo do tipo de estabilidade em função do tempo. Autoria própria adaptada do Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials (2020).

A estabilidade do implante relaciona-se intimamente com o planeamento, mas também com a qualidade de osso e desenho do implante (Overmann et al. 2020).

Estudos recentes têm demonstrado que quanto maior o diâmetro do implante menor é o stress do osso cortical e que o comprimento do implante está relacionado com os níveis

de stress, já que é responsável pela transferência de carga na área de interação entre osso esponjoso e implante (Overmann et al. 2020)

Em relação à superfície do implante, estes estudos garantiram que uma superfície macroparticulada favorece a repartição de cargas e consequentemente a estabilidade primária. (Li et al. 2020)

No que diz respeito à forma cônica ou cilíndrica, o estudo realizado por Li (2020) demonstrou que não existe diferenças no que respeita aos tecidos periféricos ao implante durante a cicatrização.

Últimos estudos sustentam que se poderia prever a estabilidade que terá um implante na fase de planeamento através de uma CBCT, que pode medir a densidade óssea mediante as unidades Hounsfield. Este fundamento baseia-se na associação entre a estabilidade primária, no que diz respeito ao quociente de estabilidade do implante e torque de inserção, e à densidade do osso que vai alojar o implante. Uma vez que se estudou que o sucesso é maior de maneira proporcional em ossos com densidade maior, podemos concluir que existe uma maior taxa de insucesso em regiões com osso menos densos, como na área ântero-posterior do maxilar (de Elío, 2020).

2.4 SUCESSO E SOBREVIVÊNCIA

Como é cada vez mais notório, os implantes dentários têm aberto caminho no mundo da medicina dentária, não só pela funcionalidade, estética e conforto, mas também pelos resultados positivos a longo prazo dos estudos inerentes à área realizados ao longo dos anos. Estes estudos têm revelado que a sobrevivência dos implantes excede 96%, o que faz com que os pacientes tenham o procedimento em alta consideração (Díaz-Sánchez, 2019) (Daneshvar et al. 2016)

Apesar disto, este dado não se traduz num tratamento bem-sucedido como tal. Diferentes autores definem que o sucesso implantar ocorre quando se cumprem uma série de requisitos primeiramente propostos por Buser et al. e posteriormente adaptado por Albrektsson e Zarb. Estes são: ausência de sintomatologia dolorosa, disestesia ou parestesia, infecção, ausência de mobilidade e sinais de radiotransparência à volta do

implante, carência de reabsorção óssea no espaço de 1 ano após a carga de mais de 1,5mm e maior de 0,2mm por ano sucessivo (Malchiodi et al. 2020).

Por seu lado, a sobrevivência do implante é definida como qualquer implante existente que não satisfaz todos estes critérios anteriormente mencionados, mas que não foi perdido durante o período de observação, independentemente das complicações biológicas (Bäumer et al. 2020) (Daneshvar et al. 2016).

Durante estes anos, todos os estudos têm procurado encontrar relações entre diferentes fatores relativos ao implante e à técnica para aumentar os valores do sucesso implantar. Estes fatores são relativos a várias situações, desde a topografia do implante, diâmetro e comprimento até à sua superfície. De facto, o estudo realizado por Rammelsberg (2017) argumenta que superfícies mais rugosas propiciam uma sobrevivência superior a longo prazo.

Li (2020) defende que a perda óssea peri-implantar é uma ameaça para a sobrevivência a longo prazo do implante, já que compromete a estabilidade do mesmo, manifestando que este acontecimento poderá ocorrer devido à incorreta transferência de cargas.

Também doenças sistémicas, como diabetes tipo 2 mal controladas, foram foco de estudo, concluindo que estes doentes têm um risco acrescido de sofrer periodontite com a consequente perda de elementos dentários, o que leva a um défice nutricional, dificultando o correto controlo glicémico. Eskow (2017) realizou implantes em pacientes com diabetes tipo 2 não controlada, sob cuidados como administração de enxague, antibioterapia pós-operatória e adequados tempos de espera em termos de adaptação dos tecidos, concluindo que não havia sinais de inflamação e que a estabilidade não foi afetada. Então, sob determinadas condições de cuidados, explica que estes resultados são bastante promissórios com altos percentuais de sobrevivência. Contudo, este autor declara que deverão ser realizados mais estudos, numa amostra de população maior.

Além da diabetes, existem outras condições que não costumam estar isoladas. Pelo contrário, grande percentagem da população padece de doenças concomitantemente e, por este motivo decidiram comprovar se a combinação de alguns destes fatores influía na sobrevivência ou sucesso do implante.

O tabagismo, por exemplo, está associado a uma série de trocas no mecanismo de osteointegração, atrasando o processo e afetando a cicatrização.

O bruxismo, por seu lado, também é uma condição favorável para a falha do implante, pois propicia a sobrecarga, uma vez que afeta os tecidos envolventes e a estrutura dentária, para além de prejudicar a articulação temporomandibular.

Num estudo retrospectivo de 10 anos, foram combinados o aumento ósseo no procedimento implantar, o tabaco, o bruxismo e o risco de carga (entendido como a relação entre coroa e implante de mais de 0,8mm, *cantilever* ou uma angulação maior a 25°), chegando à conclusão de que o fator de risco mais crítico seria o bruxismo, em combinação com cargas laterais e bruxismo, e como proibição ao tratamento implantar a junção tabagismo-bruxismo-risco de carga (Angelis et al. 2017).

Outros fatores, acrescendo aos anteriormente mencionados, que influenciam o sucesso e a sobrevivência dos implantes relatados na literatura, são a mucosite peri-implantar e a peri-implantite, com uma prevalência de 43% para a primeira e de 22% para a segunda. Estes valores são significativos e conduzem ao fracasso do tratamento. Neste sentido, foram levados a cabo estudos que sugerem a existência de aspetos que contribuem para o aparecimento destas doenças. No caso da mucosite, os agentes favorecedores podem ser o tabaco, abundância de placa ou restos de cimento. No caso da peri-implantite, verificam-se os fatores equivalentes à mucosite, junto com a quantidade de implantes e periodontite prévia. No mesmo estudo é afirmado que um diâmetro maior do implante pode favorecer a peri-implantite (Bäumer et al. 2020).

Refere-se a peri-implantite quando há uma perda óssea maior que 0,5mm, que pode estar acompanhada ou não de supuração ou sangramento à sondagem. Quando essa perda de osso é superior a 2mm é caracterizada como peri-implantite moderada a grave (Bäumer et al. 2020).

Quando algum determinante dos anteriormente mencionados impede a sobrevivência, diz-se que resultou na falha do implante. Estas podem ser precoces, quando advêm previamente à reabilitação protésica e são de carácter biológico, ou seja, quando há sobrecarga oclusal ou inflamação tecidual circundante ao implante. Em contrapartida, falhas tardias acontecem numa fase posterior à carga oclusal e são tanto biológicas como mecânicas. Estas últimas estão na origem de fraturas ou desaparafusamentos (Angelis et al. 2017).

2.5 EXAMES COMPLEMENTARES DE DIAGNÓSTICO

Para evitar qualquer tipo de complicações relativamente aos implantes e no sentido de melhorar a estética do tratamento deve fazer-se um exame clínico completo e rigoroso e um diagnóstico.

Com o descobrimento dos raios X, no final do século 19, foi possível analisar algumas estruturas mineralizadas sem necessidade de recorrer à cirurgia. No entanto, este método oferecia apenas imagens em duas dimensões e só de tecidos mineralizados, pelo que se desenvolveram outros sistemas, como a tomografia axial computadorizada, inventada pelo engenheiro N. Hounsfield nos anos 70. Este sistema solucionava os problemas derivados das radiografias e, mais tarde, deu origem à tomografia computadorizada (TC), permitindo a distinção de tecidos moles. Apesar de ser mais perceptível do que as convencionais, possuía ainda alguns problemas associados, tais como exames radiográficos bidimensionais e presenças de artefactos. (D'Haese et al. 2017).

Posteriormente, na década dos 90, foi introduzida no mercado a tomografia computadorizada de feixe cónico (TCFC), que oferece dados em 3D, ou seja, as imagens apresentam-se em dimensões reais, com melhor qualidade do que as radiografias precedentes e são recolhidas num menor período de tempo, permitindo cortes em diferentes planos e criar imagens em 2D, como podemos evidenciar na figura 9. Isto constitui uma vantagem tanto para o paciente como para o médico, porque permite também fazer uma avaliação durante o procedimento, além de ter uma menor dose de radiação (Özalp et al. 2018).

Hoje em dia temos uma grande escolha de meios de diagnóstico, mas é importante diferenciar os usos de cada um deles. A radiografia panorâmica oferece imagens em 2D com pouca radiação pelo breve período de exposição, mas por outro lado apresenta distorções. Este tipo de exame não fornece dados tais como a largura do osso nem a posição correta das estruturas anatómicas, pelo que não é considerado por si só o método mais apropriado de exame para planear uma cirurgia de implantes, mas sim para obter múltiplos dados com boa qualidade e a baixo custo.

As combinações da radiografia panorâmica, em conjunto com o CBCT, foram relatadas nos estudos como as mais utilizadas aquando do planeamento prévio de uma cirurgia de implantes (Özalp et al. 2018).

Para esse propósito, serão mais adequados outros exames, como os que geram imagens 3D, de que são exemplos a TC (Tomografia computadorizada) e a TCFC (Tomografia Computorizada de Feixe Cônico), referidas em vários estudos como o *gold standart* do planeamento cirúrgico, não só pela baixa dose de radiação, qualidade e satisfatória localização das estruturas anatómicas, mas também pela vantagem de armazenar os dados em formato DICOM (Imagem Digital e Comunicação em Medicina) com a possibilidade de serem usados pela técnica CAD-CAM para a confecção do artefacto protético. Isto também é considerado uma vantagem comparativamente ao método tradicional no que diz respeito ao armazenamento dos modelos e dados dos pacientes, já que neste último método ocupam grande espaço físico desnecessário (Kernen et al. 2020).

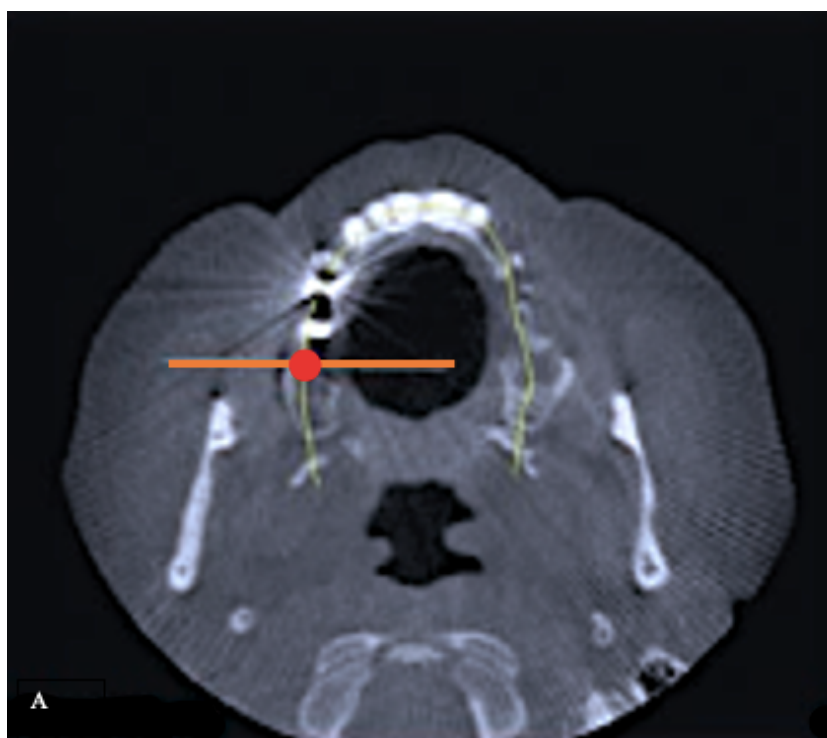


Figura 9 A. Imagem do CBCT do plano axial. Permitindo avaliar estruturas ósseas e anatómicas em 3 dimensões. Imagem adaptada do livro: Froum, S.J (Ed). (2015). Dental implant complications: Etiology, prevention, and treatment (2a ed.). John Wiley & sons.

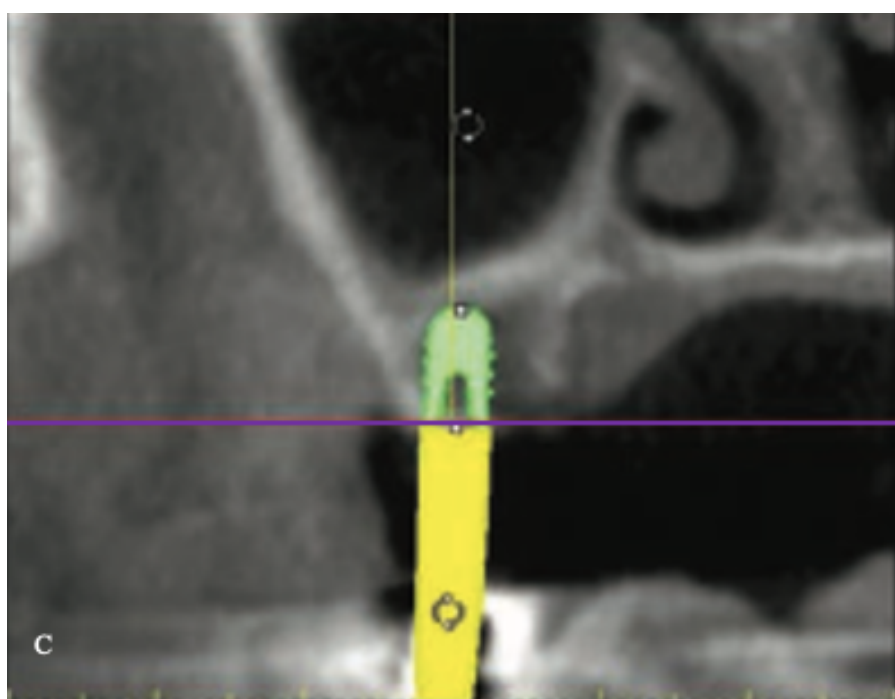
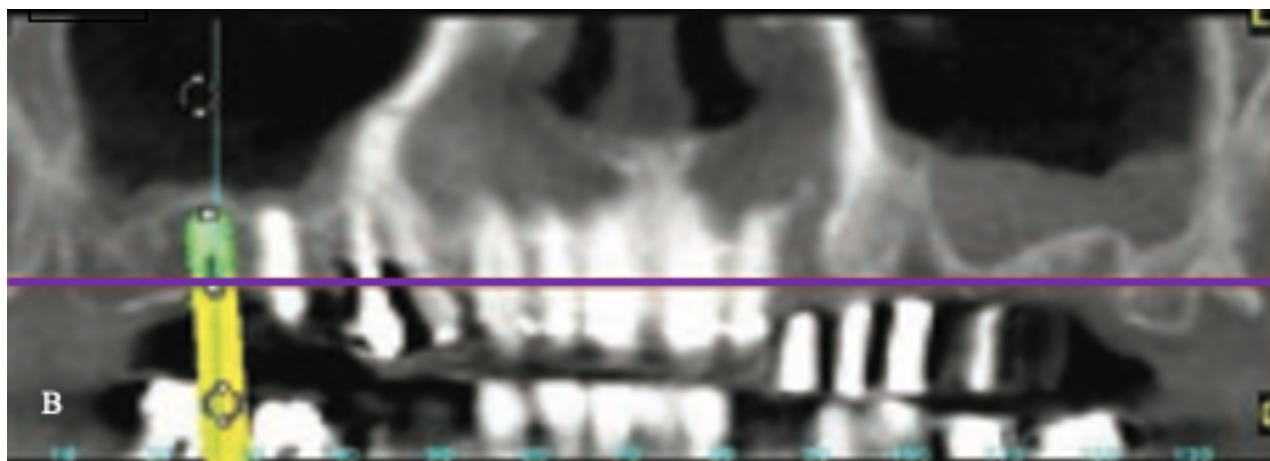


Figura 9 (B e C) Imagem do CBCT do plano coronal onde temos referências da qualidade do osso para planificar o tipo de implante. Imagem adaptada do livro: Froum, S.J (Ed). (2015). Dental implant complications: Etiology, prevention, and treatment (2a ed.). John Wiley & sons.

2.6 CAD-CAM

O avanço da era digital faz com que práticas habituais na clínica dentária, como por exemplo, a moldagem convencional seja modificada, como acontece com os scanners

intraorais, contribuindo para a redução de tempo do médico e do paciente e para a diminuição de materiais e fases que compreende o processo da moldagem, assim como para a diminuição do desconforto do paciente (Mendes et al. 2019).

Os pacientes cada vez estão mais à procura de comodidade, e a eliminação da etapa de impressão convencional, incluindo todo o desconforto associado à técnica, ansiedade pela dificuldade em respirar e os tempos de espera até a obtenção do modelo definitivo ajuda ao paciente a decantar-se pelas clínicas que têm integrado o fluxo digital (Yang et al., 2016).

Essas moldagens procedentes do scanner intraoral permitem obter um modelo tridimensional do cavo oral do paciente, que vai ser introduzido num software para o planeamento pré-cirúrgico e consecutiva reabilitação mediante o sistema CAD-CAM.

O sistema CAD-CAM, também denominado “Computer Aided Design- Computer Aided Manufacturing” consiste em duas etapas diferentes: o CAD é o encarregado de receber a informação e gerar modelos em 3D do paciente, possibilitando modificar e planear o tratamento mais adequado. Por seu lado, o CAM é o processador desses dados previamente inseridos no CAD, para a sua posterior fabricação, mediante impressão 3D ou fresado, na figura 10, podemos ver a planificação duma guia pelo método CAD (Mangano et al. 2019).

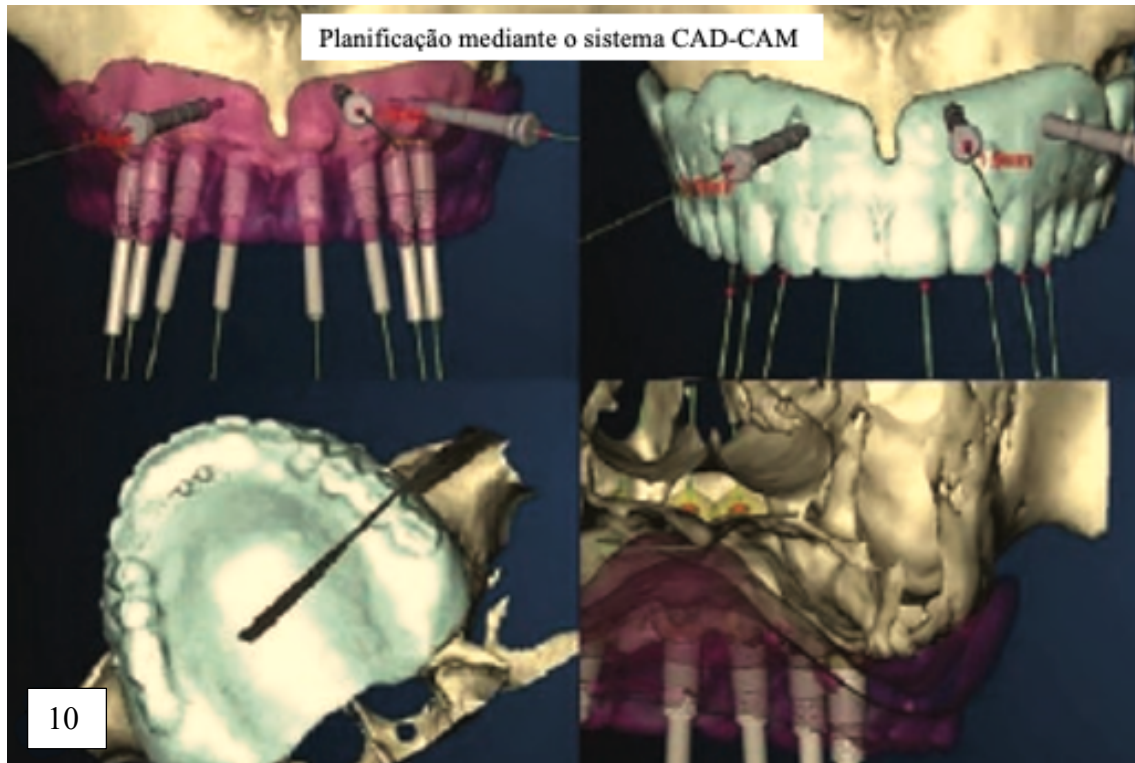


Figura 10. Planificação de uma guia cirúrgica pelo método CAD-CAM. Imagem adaptada do livro: Froum, S.J (Ed). (2015). Dental implant complications: Etiology, prevention, and treatment (2a ed.). John Wiley & sons.

A enorme vantagem do sistema CAD-CAM, além da redução do tempo e consequentemente aumento da eficiência, é a alta precisão que oferece tanto no planeamento prévio como na execução do artefacto protético. O maior detalhe e precisão foram já discutidos em diversos artigos, sendo que é comum a grande parte deles que o mais beneficiado são as infraestruturas da prótese sobre implantes, já que apresentaram melhores resultados quanto à adaptação, dado que eliminamos algumas fases críticas do processo que podem dar lugar à acumulação de pequenos erros que são causadores de uma má adaptação (Mendes et al. 2019) (Papadiochou & Pissiotis, 2018).

Numerosos estudos afirmam que a impressão 3D está atualmente integrada no âmbito médico pela redução do tempo, menor dose de radiação e um resultado final mais satisfatório. Possibilita inúmeras aplicações, desde modelos até guias ou próteses, e apresenta resultados bons, mas falta ainda comprovar o balanço custo-benefício (Tack et al. 2019).

Esta moderna tecnologia tem muitas aplicações, sendo uma delas a confecção de guias cirúrgicas, que têm a vantagem de poderem ser previamente planificadas mediante o CAD, e posteriormente produzidas pelo CAM a partir de blocos de resina ou através de um processo aditivo. Na figura 11 temos um excelente exemplo duma técnica de confecção estereolitográfica. Este protocolo digital ajuda a proporcionar maior precisão no que diz respeito ao posicionamento do implante, facto que está directamente relacionado com o êxito do implante a longo prazo (Kernen et al, 2020).



Figura 11. Guia cirúrgica muco-suportada fabricada mediante estereolitografia e fixada ao cavo oral através de parafusos. Imagem adaptada do livro: Froum, S.J (Ed). (2015). Dental implant complications: Etiology, prevention, and treatment (2a ed.). John Wiley & sons.

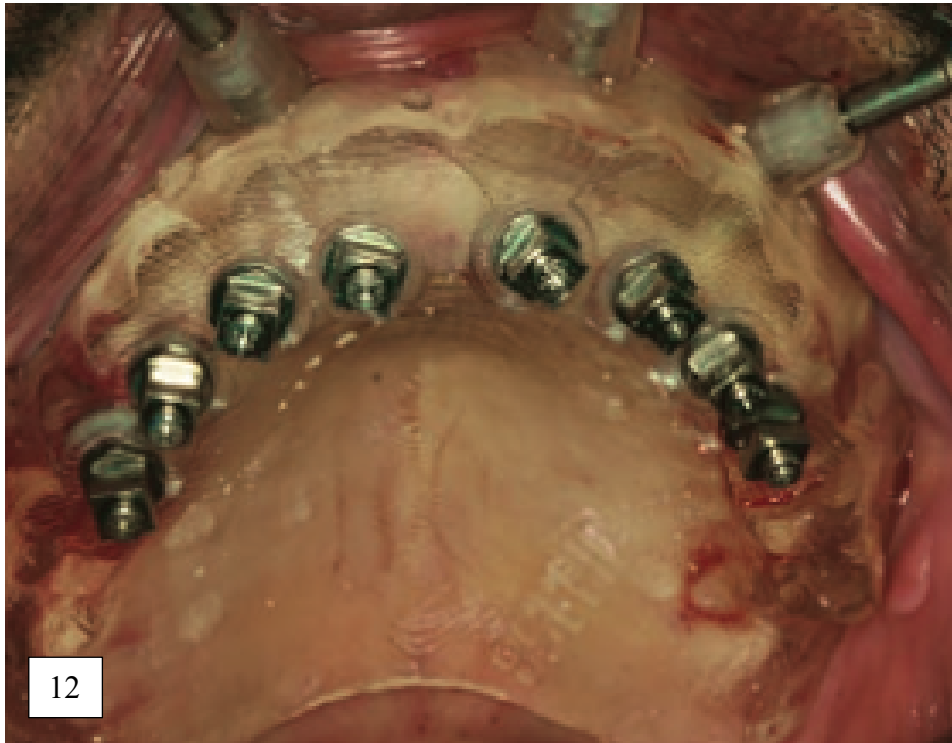


Figura 12. Colocação de implantes auxiliada pela guia cirúrgica previamente estabilizada com parafusos. Imagem adaptada do livro: Froum, S.J (Ed). (2015). Dental implant complications: Etiology, prevention, and treatment (2a ed.). John Wiley & sons.

Por outro lado, temos de ter em conta que nem tudo são vantagens, existindo numerosos estudos que definem as restrições que apresenta o sistema, tais como o elevado custo inicial, a necessidade de uma aprendizagem dos sistemas por parte do médico dentista e dos técnicos do laboratório, assim como problemas respeitantes à qualidade de detalhes verificada em determinados sistemas (Mendes et al. 2019).

No que diz respeito à utilização de técnicas de impressão intraorais, podemos afirmar que também existem alguns focos de discussão, sendo que esta técnica tem demonstrado as suas vantagens relativas à redução de tempo e aumento do conforto do paciente, mas existem estudos publicados que relatam a pouca precisão deste método nos casos de impressão em arcadas edentulas quando comparadas às impressões efetuadas de maneira tradicional. É viável concluir, então, que este seria um aspeto a melhorar nas próximas gerações de sistemas de impressão digitais (De Angelis et al., 2020).

Dada a informação que possuímos atualmente podemos chegar assim às seguintes conclusões: este método digital de trabalho pode ajudar na eficiência, melhorando os tempos de espera, assim como diminuindo os custos de confecção do artefacto protético. Resumindo, apresenta características muito promissoras, sobretudo no âmbito da prótese fixa, para oferecer ao paciente uma abordagem mais inovadora (Joda et al. 2017) (Stadlinger et al., 2020).

2.7 TIPOS DE GUIAS CIRÚGICAS

Na reabilitação com implantes é fundamental o correto posicionamento e, nesse sentido, recorre-se a um dispositivo auxiliar que acompanha a inserção baixo controlo e sem causar danos nas estruturas adjacentes, viabilizando uma melhor preparação dos alvéolos. Estes dispositivos devem reunir determinadas características para o correto uso durante o procedimento cirúrgico, sendo estas a estabilidade, rigidez, retentividade, precisão e existência de elementos radiopacos (Henao et al., 2018).

Existem vários tipos de guias cirúrgicas, sendo classificadas de acordo com a liberdade que permitem no procedimento: guias restritivas, semirestritivas ou não restritivas. Podem também ser classificadas conforme o método de confecção: guia tradicional, que é fabricada em laboratório ou guia fabricada mediante o método CAD-CAM. As guias restritivas têm fixação em vestibular ou lingual e têm stops, permitindo perfurações com a profundidade prevista no planeamento prévio, sendo consideradas na literatura como o *gold standart*, devido à sua exatidão. As guias semirestritivas só apresentam peças para guiar a broca inicial, mas o restante procedimento é da responsabilidade do médico, sendo que é requerida uma elevada destreza manual e vasto conhecimento da técnica. Por último, as guias não restritivas só mostram a posição em relação à prótese e não oferecem a possibilidade quanto à profundidade ou orientação, sendo as que maior erro apresentaram nos estudos revistos, ou seja, são consideradas as menos seguras (Tataki et al., 2019).

Também podemos classificar as guias pelo tipo de suporte, como podemos verificar na Figura 13: guias dento-suportadas, utilizadas em pacientes que ainda conservam alguns dentes na arcada; guias muco-suportadas, utilizadas nos casos de edentulia total, sendo as

que têm demonstrado menor estabilidade durante o processo cirúrgico; guias ósseo-suportadas, que são utilizadas nos casos de cirurgia extensa com retalho muco-periosteio; e guias adicionalmente estabilizadas, que possuem um sistema de mini parafusos adicionais para garantir a correta ancoragem, em casos de falta de suporte e estabilidade. Na 5ª Conferência da Equipa Internacional de Implantologia foi esclarecido que as guias osso-suportadas apresentam um elevado grau de erro, afetando a precisão de colocação do implante. No entanto, podemos recorrer a uma ancoragem suplementar com o uso de mini parafusos para estabilizar a guia no momento da cirurgia (D'Haese et al., 2017).



Figura 13. Tipos de guia cirúrgica em base ao tipo de suporte. Imagem adaptada do artigo: Kalaivani, G., Balaji, V. R., Manikandan, D., & Rohini, G. (2020). Expectation and reality of guided implant surgery protocol using computer-assisted static and dynamic navigation system at present scenario: Evidence-based literature review. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 24(5), 398–408. https://doi.org/10.4103/jisp.jisp_92_20

Quando falamos de guia tradicional, referimo-nos às guias elaboradas no laboratório, por um técnico qualificado. Inicialmente, foi desenhada para obter uma referência sem muita precisão. No entanto, ao longo dos anos, realizaram-se alterações, como a colocação de

tubos para guiar a broca inicial ou a subtração da região vestibular/palatina para proporcionar uma visão melhorada, além de contribuir para diminuir a fricção da broca contra o osso e, conseqüentemente, reduzir o aquecimento do mesmo.

Este tipo de guias pode ser confeccionado com resina fotopolimerizável transparente ou com uma lâmina termoplástica de acetato ao vazio sobre o modelo físico do paciente. Para determinar a posição correta da broca inicial, são incorporados elementos radiopacos como guttapercha ou materiais metálicos como bandas ou bolinhas, sendo estas últimas as menos recomendadas pela literatura, já que constitui um obstáculo ao percurso da broca no ato cirúrgico. Um exemplo destas podemos encontra-lo na figura 14 (Henao et al., 2018).

As guias convencionais apresentam como vantagens os factos de serem mais simples de fabricar e mais económicas, mas como desvantagens os factos de não serem estáveis e propensas à fratura, para além de poderem prejudicar a visibilidade e provocar o sobreaquecimento do osso, caso não sejam realizadas modificações à guia (Henao et al., 2018).

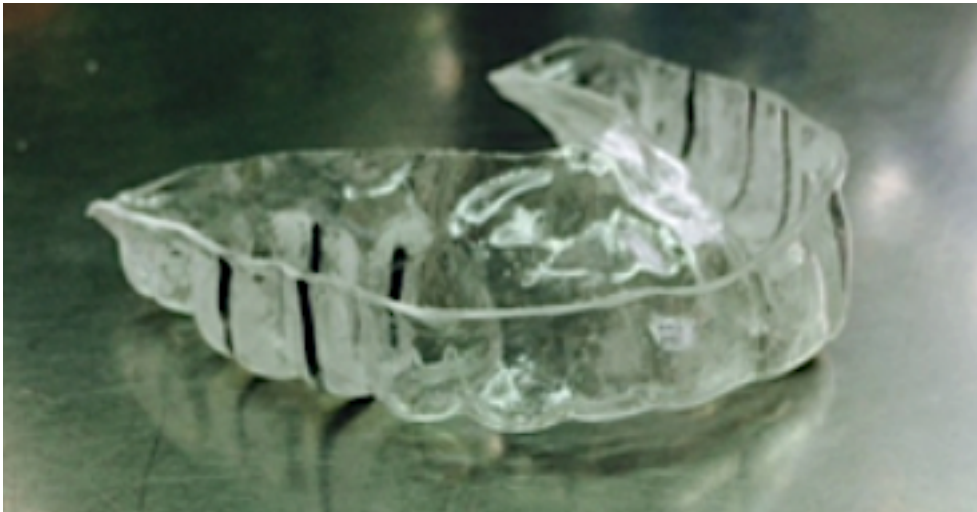


Figura 14. Guia convencional realizada com bandas metálicas radiopacas a modo de marcadores. Imagem e confeção de autoria própria.

Por outro lado, encontram-se as guias que são desenhadas no computador, também chamadas de CAD-CAM, que permitem planificar e imprimir através de um computador

(figura 16 A e B). A impressão em 3D começa com o CAD-CAM, que é um tipo de manufatura aditiva que tem como vantagens o baixo gasto de material, o facto de os registos não ocuparem lugar de armazenamento e a confeção das peças ser controlada, comparativamente a outros métodos de fabrico (Nesic et al., 2020).

No mercado, atualmente, existem muitas classes de impressão 3D, como podemos observar na figura 15, mas as que são aplicadas no âmbito médico são a impressão por fusão em pó, a estereolitografia, a bioimpressão com jato de tinta, a fabricação de forma livre sólida e assistida por laser.

A estereolitografia consiste na fotopolimerização de um polímero sensível à luz que permite que vá sendo fotopolimerizando paulatinamente uma peça tridimensional por camadas (figura 16 C). A aplicação desta técnica vai desde guias cirúrgicas até modelos, pontes e coroas, podendo ser tanto provisionais como definitivas. Esta técnica em particular tem demonstrado um maior rigor em comparação a outras técnicas de impressão e já tem começado a desenvolver materiais que conferem mais rigidez à estrutura, evitando assim o problema da fratura do dispositivo, além da introdução de agentes antimicrobianos que evitam a acumulação de microbioma. Contudo, podemos dizer que é uma técnica veloz que apresenta resultados favoráveis.

A impressão por fusão em pó compreende a fundição de um material, que pode ser um metal tipo cromo-cobalto ou titânio, disposto sob a forma de filamentos até se atingir a configuração prototipada. No que se refere ao âmbito odontológico, esta é uma das técnicas mais utilizadas.

A técnica de bioimpressão com jato de tinta consiste na utilização de moléculas bioativas ou células no estado líquido, que são jateadas dando origem à formação do protótipo. Esta técnica tem a seu favor a rapidez.

Outro tipo de prototipado é a bioimpressão mediante laser, onde o laser aquece um material rico em células que são predispostas com uma determinada ordem pré-selecionada (Khorsandi et al., 2021).

Os materiais mais comuns utilizados nestas técnicas de impressão são o policarbonato, o ácido polilático e as resinas epóxi (Tataki et al.,2019).



Figura 15. Imagem das diferentes técnicas de impressão tridimensional usadas no âmbito da medicina dentária. Fotografia adaptada do artigo: Khorsandi, D., Fahimipour, A., Abasian, P., Saber, S. S., Seyedi, M., Ghanavati, S., ... Makvandi, P. (2021, March 1). 3D and 4D printing in dentistry and maxillofacial surgery: Printing techniques, materials, and applications. *Acta Biomaterialia*. Acta Materialia Inc. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.12.044>

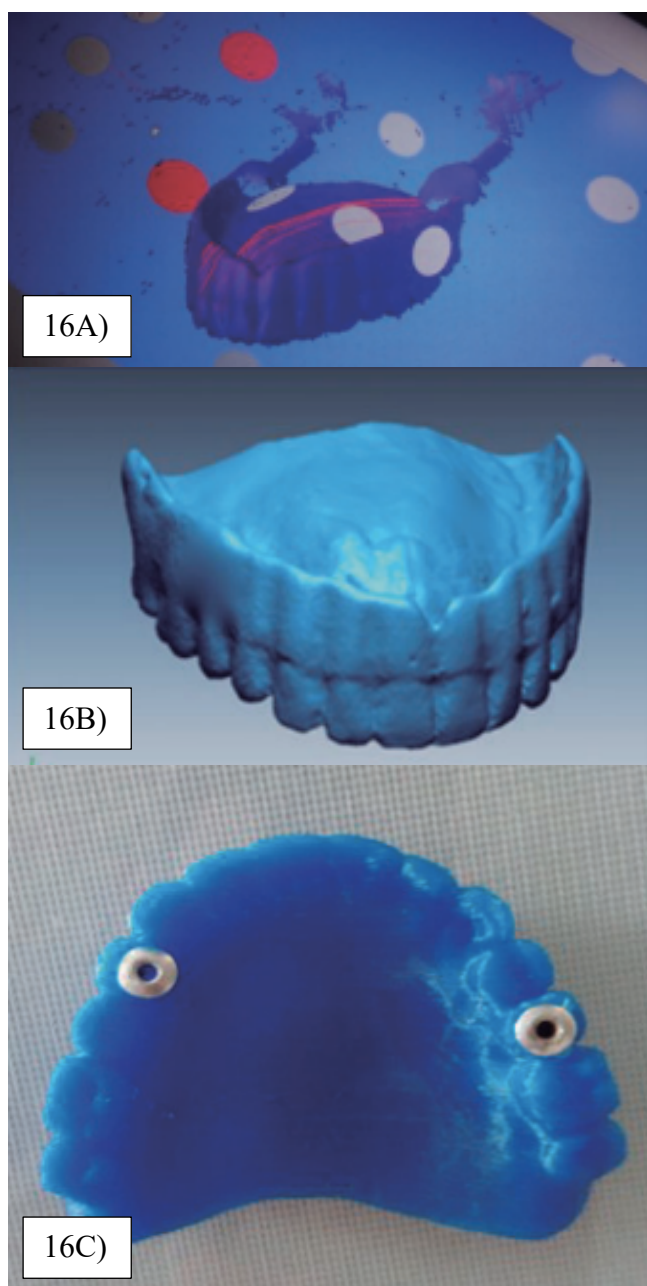


Figura 16. A) Scanner da guia de diagnóstico. B) Desenho assistido por computador. C) Guia cirúrgica com tubos guias. Imagem adaptada do artigo: Henao, J., Ramos, J. S., Valencia, C. H., Adamms, I., Rico, C. A., Escandón, J. M., & Echeverri-Cárdenas, D. (2018). Elaboración de un nuevo tipo de guías quirúrgicas para implantes dentales mediante impresión 3D. *Informador Técnico*, 82(1), 78. <https://doi.org/10.23850/22565035.1005>

Muitos são os estudos que comprovaram uma diferença significativa entre o desenho assistido por computador (CAD) e a impressão resultante, sendo possível concluir que a técnica é sensível consoante o sistema utilizado (Kim et al., 2020).

Estudos defendem que a guia tradicional pode ter estabilidade nos casos de edentulismo parcial, sempre que as restantes peças dentárias sejam substituídas na guia. Mas, num caso de edentulismo total, esta estabilidade não pode ser alcançada. Por isso, deve recorrer-se a outros métodos de ancoragem auxiliar, como sites. (Nesic et al., 2020).

O que podemos obter desta revisão é que a tecnologia está a adquirir uma relevância maior no nosso âmbito pela utilidade, facilidade e rapidez e está a ser um grande foco de interesse e estudo, como podemos observar no gráfico abaixo apresentado, figura 17 (Nesic et al., 2020).

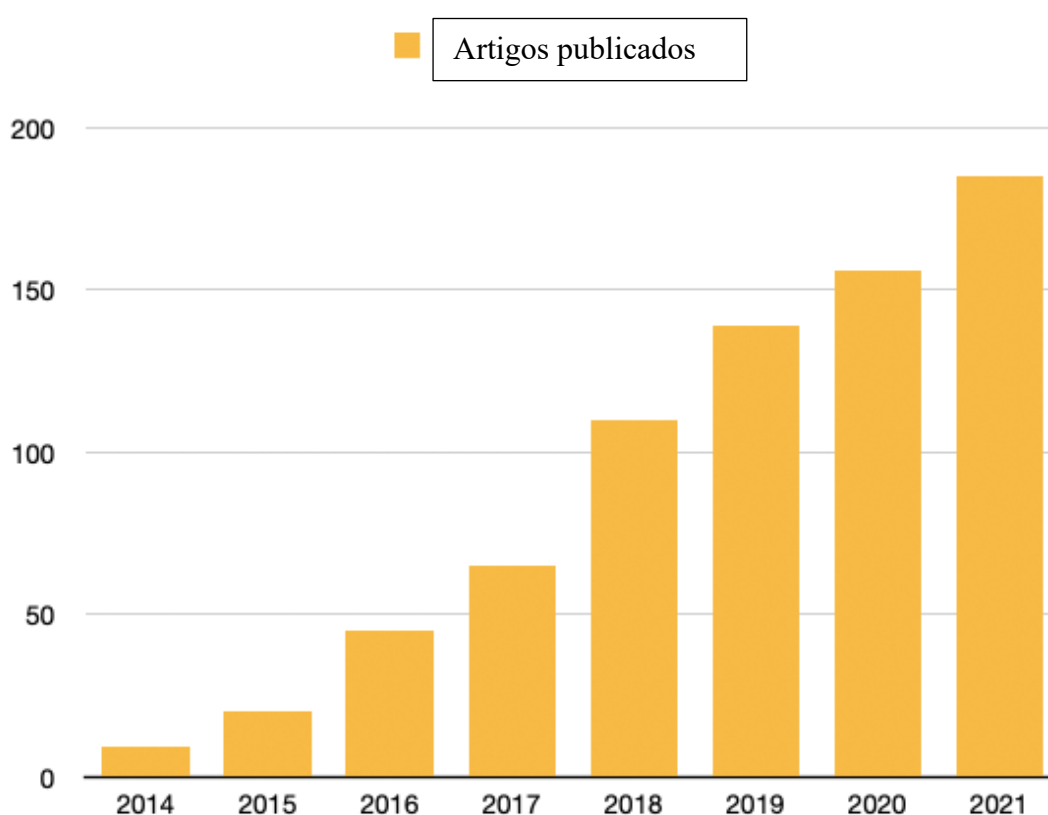


Figura 17. Gráfico que apresenta a crescente taxa de artigos sobre a impressão com tecnologia 3D. Gráfico de autoria própria inspirada no artigo: Nesic, D., Schaefer, B. M., Sun, Y., Saulacic, N., & Sailer, I. (2020). Abordagem de Impressão 3D em Odontologia: O Futuro para a Regeneração Oral Personalizada de Tecidos Macios. *Journal of clinical medicine*, 9(7), 2238. <https://doi.org/10.3390/jcm9072238>

A procura desta tecnologia digital para a impressão dos objetos em 3D está a aumentar e, com ela, novos materiais estão a ser introduzidos com o intuito de proporcionar

melhor qualidade e redução do tempo de elaboração. Ainda faltam por resolver algumas lacunas desta técnica, sendo que uma delas é que características como a qualidade, superfície, grossura e contração do produto final são completamente dependentes da técnica utilizada, afetando assim a precisão do artefacto manufaturado, além do ajuste passivo que pode estar em compromisso (Khorsandi et al., 2021).

2.8 PROTOCOLOS CLÍNICOS

Na literatura são dois os protocolos descritos para uso de guia cirúrgica: o estático e o dinâmico. No estático, a posição ideal dos implantes será transferida mediante uma guia restritiva, a qual apenas indicará o posicionamento preestabelecido por através de umas aberturas. No entanto, este método não permite a possibilidade de alterações intraoperatórias.

No início do século XXI, com o avanço da tecnologia, desenvolveu-se outro tipo de protocolo para guias cirúrgicas – o protocolo dinâmico –, que consiste na utilização da TC para registar, em tempo real, estruturas relevantes, além de contar com a incorporação do rastreamento de locomoção, o que significa que vai capturando o movimento do paciente e da broca no momento da cirurgia, o que permite a realização de mudanças na mesma altura da operação (D’Haese et al., 2017).

Uma abordagem estática assistida por computador compreende as seguintes etapas:

- 1º Realização de CBCT, prévio à cirurgia;
- 2º Transformação dos arquivos para o formato DICOM;
- 3º Planeamento de guia cirúrgico mediante a varredura virtual prévia. Esta varredura pode ser única ou dupla. A única é feita com a prótese do paciente na boca e marcadores de resina radiopaca. A dupla compreende os mesmos passos da varredura única com a prótese do paciente em boca, mas também é realizada a varredura da prótese, obtendo desta maneira uma imagem tanto do cavo oral como da prótese em formato DICOM para, posteriormente, planificar uma reabilitação com implantes através de um software especializado;
- 4º Elaboração da guia cirúrgica. Pode ser pelo método tradicional sobre o modelo ou, se estivermos perante um fluxo digitalizado, os dados em formato DICOM obtidos na

varredura intraoral são enviados a uma máquina de prototipado rápido ou confeccionada mediante estereolitografia;

5º Disposição estável da guia cirúrgica com as posições dos implantes marcadas;

6º Colocação dos implantes (Kalaivani et al, 2020).

A abordagem dinâmica (figura 18) rege-se pelas etapas 1, 2, 3 e 4 do protocolo estático descrito anteriormente, acrescentando-se os seguintes passos:

5º Estabilização da guia cirúrgica. Para a realização desta tarefa é necessário fixá-la à mandíbula do paciente, para evitar registros de micromovimentos do paciente que poderiam colocar em risco o correto posicionamento implantar.

6º Fixação da peça de mão.

7º Sistema de câmaras e sensores. Depois da elaboração da guia cirúrgica com marcadores radiopacos, aqui encontramos a principal diferença do protocolo estático, que consiste num sistema que emite luz e tem sensores que registam os movimentos através de câmaras. Desta forma, é permitido ver intra-operatoriamente imagens da cirurgia do paciente.

Alguns exemplos de sistemas de navegação dinâmica mais populares são o X Guide Dynamic 3D Navigation, DenX Image Guided Implantology ou Navident (Kalaivani et al, 2020).

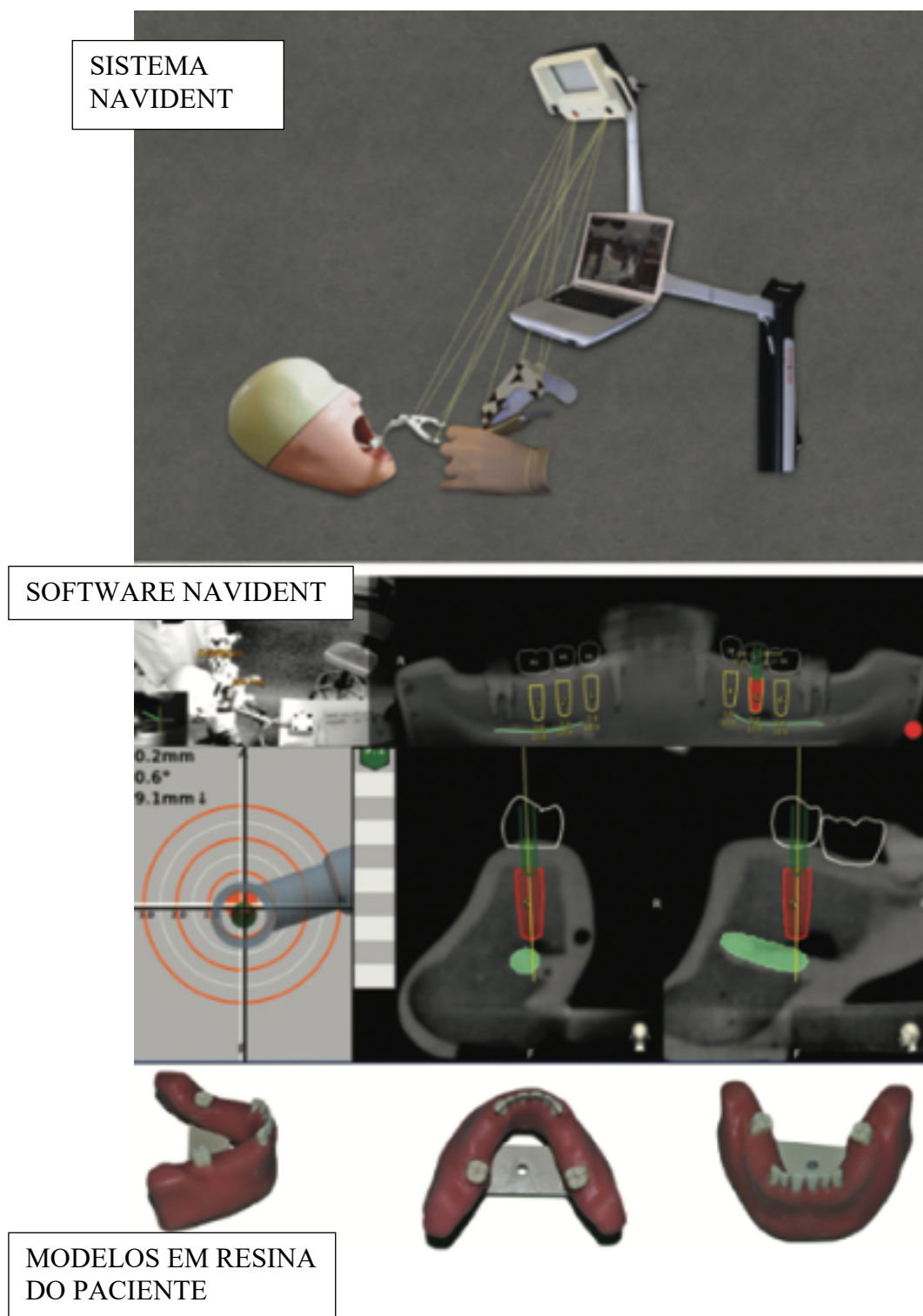


Figura 18. Imagem esquematizada de um fluxo de trabalho dinâmico. Imagem adaptada do artigo: Jorba-García, A., Figueiredo, R., González-Barnadas, A., Camps-Font, O., & Valmaseda-Castellón, E. (2019). Accuracy and the role of experience in dynamic computer guided dental implant surgery: An in-vitro study. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*, 24(1), e76–e83. <https://doi.org/10.4317/medoral.22785>

Para efeitos práticos, tanto o protocolo estático como o dinâmico têm aplicações válidas. Em casos de edentulia ou endentulia parcial, uma abordagem estática é altamente vantajosa para uma colocação implantar precisa. Por outro lado, em casos com anatomia complicada ou reborde ósseo irregular, podemos beneficiar do protocolo dinâmico, já que nos permite fazer mudanças em tempo real com a informação precisa do paciente. Em comparação a uma abordagem FH, o protocolo dinâmico é considerado como menos traumático, e o Médico Dentista, ao ter maior visibilidade, consegue ter uma melhor postura durante o procedimento.

Contudo, existem muitos debates abertos sobre o tema da evolução tecnológica e a confiança, sendo selecionado com base na preferência do clínico. Por isso, muitos estudos têm comprovado a precisão destes sistemas, sendo já um consenso nos artigos atuais que a navegação dinâmica é extremamente precisa, sendo que apresenta uma imprecisão média de 0,35mm, o que representa um defeito desprezível (Yeung et al., 2020).

Nem tudo são desvantagens neste tipo de navegação: está associada a um enorme investimento inicial e um processo de aprendizagem de todo o equipamento para beneficiar-se da rapidez, previsibilidade e comodidade desta tecnologia (Kalaivani et al, 2020).

Os protocolos convencionais tinham a desvantagem de serem uma cirurgia muito invasiva com a realização de um retalho para deixar à mostra o osso. O facto de fazer um retalho e separar o tecido do osso faz com que o desconforto pós-cirúrgico aumente, devido à dor, inflamação e sangramento. Por outra parte, o plexo suprapariosteal tem um elevado potencial osteogénico e com esta técnica poderíamos chegar a atingi-lo, afetando gravemente a perda óssea. Foi por este motivo que inventaram uma perspectiva livre de retalho, que trazia a vantagem de reduzir o desconforto pós-cirúrgico do paciente, já que existia menor invasão no procedimento e, portanto, menor inflamação e dor, além de ser uma técnica operatória que compreende menor tempo (Naeini et al., 2020).

Ao longo dos anos tem-se verificado o princípio de que o bom posicionamento do implante está estreitamente relacionado com uma melhorada estética e menos complicações. Neste sentido, no presente estudo, vamos comparar a margem de erro ou precisão associados a cada uma das técnicas; técnica completamente guiada, na que se dispõe de um dispositivo guia previamente confeccionado que auxiliará o cirurgião durante

todo o procedimento. A técnica semi-guiada serve-se do uso da guia apenas para a primeira parte da operação, ou seja, a osteotomia. Uma vez finalizada, retira-se o guia para continuar a inserção dos implantes a mão livre (FH). Por último, a técnica com broca piloto (BP) dispõe de uma guia cirúrgica utilizada apenas no momento de inserção da broca inicial e as restantes perfurações são realizadas pelo protocolo a mão livre (FH). Na figura 19 podemos ter uma visão esquematizada destes diferentes protocolos.

Neste estudo randomizado, um total de 32 pacientes foram repartidos em três grupos, que realizaram os três tipos de protocolos anteriormente mencionados. Para o protocolo a mão livre foram colocados 26 implantes repartidos entre homens e mulheres, para o protocolo de broca piloto foram colocados 24 implantes também repartidos em ambos os sexos e para o protocolo completamente guiado foram colocados 21 implantes tanto em homens como mulheres. Estes foram os resultados do estudo: para o protocolo a mão livre observou-se uma diferença com respeito à posição padrão de 5mm; para o protocolo de broca piloto anotaram um erro de 3mm; e para o protocolo completamente guiado verificaram um desvio de 2mm em relação ao posicionamento ideal. Estes resultados apontam que se tem alcançado uma margem de erro reduzido com a incorporação deste protocolo completamente guiado e, portanto, neste estudo, como conclusão, abordam o uso do protocolo guiado como o “*gold standart*”, no que se refere à precisão (Pellegrino et al., 2020) (Younes et al., 2018).

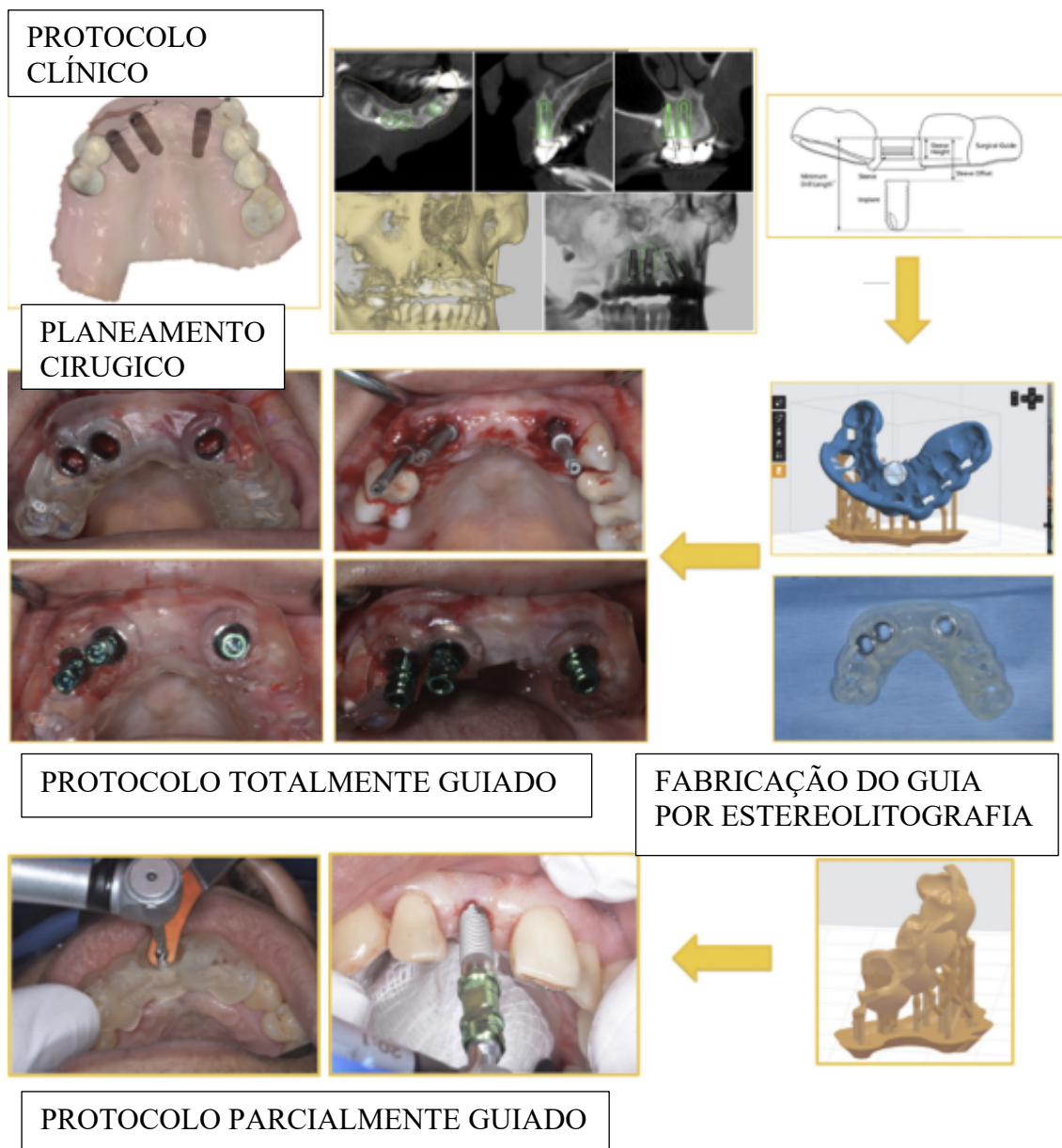


Figura 19. Imagem adaptada do artigo: autoria própria baseada nos dados do artigo: Bencharit, S., Staffen, A., Yeung, M., Whitley, D., 3rd, Laskin, D. M., & Deeb, G. R. (2018). In Vivo Tooth-Supported Implant Surgical Guides Fabricated With Desktop Stereolithographic Printers: Fully Guided Surgery Is More Accurate Than Partially Guided Surgery. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 76(7), 1431–1439. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2018.02.010>

Noutro estudo realizado em 2018, foi comparada a precisão dos protocolos totalmente guiados comparativamente aos parcialmente guiados. Este estudo incidiu em 16 pacientes parcialmente edêntulos. Para o planeamento prévio de ambos protocolos, foram feitas impressões digitais mediante scanners e imagens obtidas pela técnica de CBCT. Após a obtenção destes dados foi realizado um guia cirúrgico suportado por dentes realizada

mediante a técnica estereolitográfica. Após a realização de uma intervenção de 31 implantes, foi realizada uma CBCT para avaliar o desvio na posição final do implante em ambas técnicas. Os resultados do estudo, como contempla a figura 20, foram os seguintes:

	MESIAL	DISTAL	VESTIBULAR	LINGUAL	ANGULAÇÃO V-L
PROTOCOLO TOTALMENTE GUIADO	0.17-0.78mm	0.44-0.78mm	0.23-1.08mm	-0.22-1.44mm	-0.32°-2.36°
PROTOCOLO PARCIALMENTE GUIADO	0.33-1.38mm	-0.03-1.59mm	0.62-1.15mm	-0.27-1.61mm	0.59°-6.83°

Figura 20. Tabela de autoria própria baseada nos dados do artigo: Bencharit, S., Staffen, A., Yeung, M., Whitley, D., 3rd, Laskin, D. M., & Deeb, G. R. (2018). In Vivo Tooth-Supported Implant Surgical Guides Fabricated With Desktop Stereolithographic Printers: Fully Guided Surgery Is More Accurate Than Partially Guided Surgery. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 76(7), 1431–1439. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2018.02.010>

Baseando-nos nestes resultados, podemos dizer que o protocolo totalmente guiado tem menor erro de precisão na colocação de implantes, em comparação ao protocolo parcialmente guiado (Bencharit et al., 2018).

Os protocolos convencionais foram comparados clinicamente com os protocolos digitalizados num estudo realizado no ano 2017, e os resultados no que diz respeito à funcionalidade ou sobrevivência dos implantes não foram significativamente discordantes. No entanto, verificaram piores resultados no protocolo tradicional no que diz respeito ao desconforto do paciente, já que o tempo intraoperatório foi maior e o pós-operatório esteve associado a uma maior inflamação e dor. Portanto, podemos afirmar que todos os estudos estão de acordo que a técnica digital faz reduzir o tempo intraoperatório (Colombo et al., 2017).

Por outro lado, a bibliografia concorda que, ao nível de sobrevivência, tecidos peri-implantais e reabsorção óssea, a técnica guiada de cirurgia sem retalho apresenta resultados semelhantes quando comparada com a técnica FH no que diz respeito aos

aspectos anteriormente mencionados. O sucesso da cirurgia sem retalho está diretamente associado ao protocolo que se utiliza, à técnica aplicada para confeccionar a guia e ao tipo de suporte, dos quais a dento-suportada é a considerada mais estável (Naeini et al., 2020).

A maioria de estudos feitos consideram o protocolo completamente guiado como o mais aconselhável para que seja possível alcançar a posição correta dos implantes (Younes et al., 2018). Dada a evidencia científica existente, podemos dizer que a fabricação da guia cirúrgica mediante CAD-CAM é mais precisa do que a realizada em laboratório e, portanto, mais aconselhável (Kalaivani et al, 2020).

No que diz respeito à precisão dos sistemas dinâmicos e o protocolo tradicional, embora exista heterogeneidade entre os estudos, alguns ratificam que o método dinâmico não é completamente preciso e há uma necessidade de evolução. A maioria concorda com as vantagens do protocolo dinâmico pela aumentada precisão em confronto com um protocolo tradicional FH, e inclusivamente alegam que um Médico Dentista inexperiente pode tirar benefícios desta técnica, dado que diminui a margem de erro consideravelmente. Num estudo realizado em 2021, foi avaliada a precisão e o desvio dos implantes colocados por alunos inexperientes, e verificou-se uma grande melhoria na adequação do posicionamento dos implantes por parte dos alunos com prática num sistema de navegação dinâmica (Zhan et al., 2021).

Noutro estudo de revisão da bibliografia dos 10 últimos anos, concluíram que a navegação dinâmica é um excelente método de formação e muito útil na planificação prévia de uma cirurgia implantar (Ayoub & Pulijala, 2019).

Outro também comparou a taxa de sobrevivência num protocolo guiado e outro de maneira tradicional e obtiveram resultados mais favoráveis, com menores perdas dos implantes colocados para o protocolo guiado que para o tradicional, assim como um custo similar (Ravidà et., 2018).

Contudo, é sempre lembrado que em locais próximos a estruturas importantes, convém sempre deixar um limite de 2mm pela acrescida probabilidade de excesso de perfuração em profundidade (Jorba-García et al., 2019)

A precisão entre o protocolo estático e o dinâmico é muito similar, mas devemos saber em que casos um pode ser mais útil do que o outro e beneficiar-se desta tecnologia que já tem criado espaço no nosso âmbito. Para casos de elevada dificuldade, reduzida

visibilidade ou estruturas anatómicas muito próximas, a literatura recomenda fortemente o uso dos sistemas dinâmicos, já que conferem a vantagem de ajudar a reduzir os tempos do procedimento, assim como assistir o cirurgião durante a intervenção e permitir mudanças intraoperatórias (Pellegrino et al., 2020).

Com a implementação dos sistemas dinâmicos conseguimos prever a posição final do implante. Este facto é sumamente útil sobretudo porque permite a possibilidade de uma reabilitação imediata consequentemente planificada. A reabilitação imediata traz múltiplas vantagens como menor dor e edema pós-operatório, melhor adaptação dos tecidos à prótese e um exacerbado impacto na vida do paciente, posto que é possível ir para casa com um sorriso novo no mesmo dia da cirurgia. Por isso, temos que explorar ainda mais os usos destas tecnologias digitais e como aplica-las na nossa rotina (D’Haese et al., 2017).

3. CONCLUSÕES

- Na população em geral existem numerosos indivíduos que sofrem de edentulismo.
- É consensual, em vários estudos, que o melhor substituto do dente é o tratamento com implantes dentários.
- O uso da tecnologia 3D abriu portas a um vasto número de possibilidades no âmbito médico e, particularmente, no âmbito odontológico. Esta tem aplicações em especialidades como cirurgia, periodontologia, reabilitação oral, entre outras e não só para a planificação de uma intervenção como para a fabricação de modelos ou manufatura de um dispositivo. É cada vez mais frequente a investigação da sua aplicação na regeneração tecidual e craniofacial, e também é utilizada para a fabricação de órgãos, apresentando resultados bastante estéticos e promissores em todos estes âmbitos.
- Após a revisão da bibliografia mais atual podemos concluir que a introdução da cirurgia guiada tem proporcionado uma técnica mais segura, permitindo um planeamento prévio à colocação do implante num fluxo digitalizado, tornando o resultado mais previsível do que uma perspetiva convencional *free-hand*.
- A utilização de sistemas guiados na colocação de implantes tem demonstrado um ótimo comportamento e resultados comparativamente a outros métodos ou protocolos, demonstrando melhores índices de sobrevivência, menores complicações pós-cirúrgicas e uma relação custo-benefício favorável.
- Muitos dos estudos analisados levam à conclusão de que esta técnica apresenta algumas falhas ainda a ser corrigidas, mas poderá ser viável com o avanço da tecnologia, constituindo uma excelente alternativa que visa um futuro favorável.

- Pensamos que esta técnica é sem dúvida um auxílio para o médico dentista para reabilitação de um doente que sofre de edentulismo.
- Mais estudos tem de ser elaborados no sentido de melhorar este tipo de tecnologia.

4. BIBLIOGRAFIA

1. Adriano Piatteli. *Bone response to Dental Implant Materials*. Amsterdam. Elsevier/Woodhead Publishing, 2017.
2. Albrektsson, T., & Wennerberg, A. (2019, March 1). On osseointegration in relation to implant surfaces. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/cid.12742>
3. Angelis, F. D. E., Papi, P., Mencio, F., Rosella, D., Carlo, S. D. I., & Pompa, G. (2017). Long term follow up analysis of implant patients with risk factors. *Implant Dentistry*, 22(6), 433–437.
4. Ayoub, A., & Pulijala, Y. (2019). The application of virtual reality and augmented reality in Oral & Maxillofacial Surgery. *BMC oral health*, 19(1), 238. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0937-8>
5. Balmer, M., Spies, B. C., Kohal, R. J., Hämmerle, C. H. F., Vach, K., & Jung, R. E. (2020). Zirconia implants restored with single crowns or fixed dental prostheses: 5-year results of a prospective cohort investigation. *Clinical Oral Implants Research*, 31(5), 452–462. <https://doi.org/10.1111/clr.13581>
6. Bäumer, A., Toekan, S., Saure, D., & Körner, G. (2020). Survival and success of implants in a private periodontal practice: A 10 year retrospective study. *BMC Oral Health*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01064-z>
7. Bencharit, S., Staffen, A., Yeung, M., Whitley, D., 3rd, Laskin, D. M., & Deeb, G. R. (2018). In Vivo Tooth-Supported Implant Surgical Guides Fabricated With Desktop Stereolithographic Printers: Fully Guided Surgery Is More Accurate Than Partially Guided Surgery. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 76(7), 1431–1439. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2018.02.010>
8. Beumer, J., Faulkner, R.F., Shan, K.C., Moy, P K., & Alessandro Pozzi. (2015). *Fundamentals of implant dentistry*. Quintessence Publishing Co.Inc.
9. Buser, D., Sennerby, L., & De Bruyn, H. (2017, February 1). Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. *Periodontology* 2000. Blackwell Munksgaard. <https://doi.org/10.1111/prd.12185>
10. Colombo, M., Mangano, C., Mijiritsky, E., Krebs, M., Hauschild, U., & Fortin, T. (2017). Clinical applications and effectiveness of guided implant surgery: a critical review based on randomized controlled trials. *BMC oral health*, 17(1), 150. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0441-y>
11. Chiapasco, M., & Zaniboni, M. (2018). *Manual of oral surgery*. Edra.

12. Chugh, T., Jain, A. K., Jaiswal, R. K., Mehrotra, P., & Mehrotra, R. (2013). Bone density and its importance in orthodontics. *Journal of oral biology and craniofacial research*, 3(2), 92–97. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2013.01.001>
13. Daneshvar, S., Matthews, D., Michuad, P.-L., & Ghiabi, E. (2016). Success and Survival Rates of Dental Implants Restored at an Undergraduate Dental Clinic: A 13-Year Retrospective Study with a Mean Follow-up of 5.8 Years. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 31(4), 870–875. <https://doi.org/10.11607/jomi.4507>
14. D’haese, J., Ackhurst, J., Wismeijer, D., De Bruyn, H., & Tahmaseb, A. (2017, February 1). Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontology* 2000. Blackwell Munksgaard. <https://doi.org/10.1111/prd.12175>
15. De Angelis, P., Manicone, P. F., De Angelis, S., Grippaudo, C., Gasparini, G., Liguori, M. G., ... D’Addona, A. (2020). Patient and Operator Centered Outcomes in Implant Dentistry: Comparison between Fully Digital and Conventional Workflow for Single Crown and Three-Unit Fixed-Bridge. *Materials*, 13(12), 2781. <https://doi.org/10.3390/ma13122781>
16. de Elío Oliveros, J., del Canto Díaz, A., del Canto Díaz, M., Orea, C. J., del Canto Pingarrón, M., & Calvo, J. S. (2020). Alveolar bone density and width affect primary implant stability. *Journal of Oral Implantology*, 46(4), 389–395. <https://doi.org/10.1563/AAID-JOI-D-19-00028>
17. Eskow, C. C., & Oates, T. W. (2017). Dental Implant Survival and Complication Rate over 2 Years for Individuals with Poorly Controlled Type 2 Diabetes Mellitus. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 19(3), 423–431. <https://doi.org/10.1111/cid.12465>
18. Froum, S.J (Ed). (2015). Dental implant complications: Etiology, prevention, and treatment (2a ed.). John Wiley & sons.
19. Díaz-Sánchez, R. M., Delgado-Muñoz, J. M., Serrera-Figallo, M. Á., González-Martín, M. I., Torres-Lagares, D., & Gutiérrez-Pérez, J. L. (2019). Analysis of marginal bone loss and implant stability quotient by resonance frequency analysis in different osteointegrated implant systems. Randomized prospective clinical trial. *Medicina Oral Patologia Oral y Cirugia Bucal*, 24(2), e260–e264. <https://doi.org/10.4317/medoral.22742>
20. Gaêta-Araujo, H., Oliveira-Santos, N., Mancini, A. X. M., Oliveira, M. L., & Oliveira-Santos, C. (2020). Retrospective assessment of dental implant-related perforations of relevant anatomical structures and inadequate spacing between implants/teeth using cone-beam computed tomography. *Clinical Oral Investigations*, 24(9), 3281–3288. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03205-8>

21. González-Serrano, J., Molinero-Mourelle, P., Pardal-Peláez, B., Sáez-Alcaide, L. M., Ortega, R., & López-Quiles, J. (2018). Influence of short implants geometry on primary stability. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, 23(5), e602–e607. <https://doi.org/10.4317/medoral.22378>
22. Guglielmotti, M. B., Olmedo, D. G., & Cabrini, R. L. (2019, February 1). Research on implants and osseointegration. *Periodontology 2000*. Blackwell Munksgaard. <https://doi.org/10.1111/prd.12254>
23. Gross, C., Bergfeldt, T., Fretwurst, T., Rothweiler, R., Nelson, K., & Stricker, A. (2020). Elemental analysis of commercial zirconia dental implants - Is “metal-free” devoid of metals? *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 107. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.103759>
24. Henao, J., Ramos, J. S., Valencia, C. H., Adamms, I., Rico, C. A., Escandón, J. M., & Echeverri-Cárdenas, D. (2018). Elaboración de un nuevo tipo de guías quirúrgicas para implantes dentales mediante impresión 3D. *Informador Técnico*, 82(1), 78. <https://doi.org/10.23850/22565035.1005>
25. Hupp, J. R. (2017). Introduction to Implant Dentistry: Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 75(February), 106.
26. Insua, A., Monje, A., Wang, H. L., & Miron, R. J. (2017). Base do metabolismo ósseo em torno dos implantes dentários durante a osteointegração e perda óssea peri-implantar. *Revista de pesquisa de materiais biomédicos. Parte A*, 105(7), 2075–2089. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.36060>
27. Iwanaga, J., Tanaka, T., Ibaragi, S., Okui, T., Hamaguchi, J., Min, S., & Tubbs, R. S. (2020, September 1). Revisiting major anatomical risk factors of maxillary sinus lift and soft tissue graft harvesting for dental implant surgeons. *Surgical and Radiologic Anatomy*. Springer. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02468-w>
28. Joda, T., Zarone, F., & Ferrari, M. (2017). The complete digital workflow in fixed prosthodontics: A systematic review. *BMC Oral Health*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0415-0>
29. Jorba-García, A., Figueiredo, R., González-Barnadas, A., Camps-Font, O., & Valmaseda-Castellón, E. (2019). Accuracy and the role of experience in dynamic computer guided dental implant surgery: An in-vitro study. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*, 24(1), e76–e83. <https://doi.org/10.4317/medoral.22785>
30. Kalaivani, G., Balaji, V. R., Manikandan, D., & Rohini, G. (2020, September 1). Expectation and reality of guided implant surgery protocol using computer-assisted static and dynamic navigation system at present scenario: Evidence-based literature review. *Journal of Indian Society of Periodontology*. Wolters Kluwer Medknow Publications. https://doi.org/10.4103/jisp.jisp_92_20

31. Kernén, F., Kramer, J., Wanner, L., Wismeijer, D., Nelson, K., & Flügge, T. (2020, September 10). A review of virtual planning software for guided implant surgery - Data import and visualization, drill guide design and manufacturing. *BMC Oral Health*. BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01208-1>
32. Kim, J. M., Lin, C., Stavre, Z., Greenblatt, M. B., & Shim, J. H. (2020). Comunicação Osteoblasto-Osteoclasta e Homeostase Óssea. *Cells*, 9(9), 2073. <https://doi.org/10.3390/cells9092073>
33. Kim, T., Lee, S., Kim, G. B., Hong, D., Kwon, J., Park, J. W., & Kim, N. (2020). Precisão de um guia cirúrgico simplificado de implante impresso em 3D. *The Journal of prosthetic dentistry*, 124(2), 195–201.e2. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.06.006>
34. Katleen Bragança, L., Monsalve Guil, L., Jiménez Guerra, A., España López, A., Ortiz García, I., & Velasco Ortega, E. (2018). The biology of osseointegration in postextraction implants, La biología de la oseointegración en los implantes postextracción. *Avances En Odontoestomatología*. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-85060971633&partnerID=MN8TOARS>
35. Khorsandi, D., Fahimipour, A., Abasian, P., Saber, S. S., Seyedi, M., Ghanavati, S., ... Makvandi, P. (2021, March 1). 3D and 4D printing in dentistry and maxillofacial surgery: Printing techniques, materials, and applications. *Acta Biomaterialia*. Acta Materialia Inc. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.12.044>
36. Langdahl, B., Ferrari, S., & Dempster, D. W. (2016, December 1). Bone modeling and remodeling: potential as therapeutic targets for the treatment of osteoporosis. *Therapeutic Advances in Musculoskeletal Disease*. SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/1759720X16670154>
37. Li, J., Jansen, J. A., Walboomers, X. F., & van den Beucken, J. J. (2020, March 1). Mechanical aspects of dental implants and osseointegration: A narrative review. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.103574>
38. Lin, C.-C., Wu, C.-Z., Huang, M.-S., Huang, C.-F., Cheng, H.-C., & Wang, D. P. (2020). Fully Digital Workflow for Planning Static Guided Implant Surgery: A Prospective Accuracy Study. *Journal of Clinical Medicine*, 9(4), 980. <https://doi.org/10.3390/jcm9040980>
39. Lorusso, F., Noubissi, S., Francesco, I., Rapone, B., Khater, A. G. A., & Scarano, A. (2020, December 1). Scientific trends in clinical research on zirconia dental implants: A bibliometric review. *Materials*. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ma13235534>
40. Naeini, E. N., Atashkadeh, M., De Bruyn, H., & D'Haese, J. (2020, August 1). Narrative review regarding the applicability, accuracy, and clinical outcome of

- flapless implant surgery with or without computer guidance. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/cid.12901>
41. Nesic, D., Schaefer, B. M., Sun, Y., Saulacic, N., & Sailer, I. (2020). Abordagem de Impressão 3D em Odontologia: O Futuro para a Regeneração Oral Personalizada de Tecidos Macios. *Journal of clinical medicine*, 9(7), 2238. <https://doi.org/10.3390/jcm9072238>
 42. Malchiodi, L., Ricciardi, G., Salandini, A., Caricasulo, R., Cucchi, A., & Ghensi, P. (2020). Influence of crown–implant ratio on implant success rate of ultra-short dental implants: results of a 8- to 10-year retrospective study. *Clinical Oral Investigations*, 24(9), 3213–3222. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03195-7>
 43. Mangano, F., Mangano, C., Margiani, B., Admakin, O., & Ardelean, L. C. (2019). Combining Intraoral and Face Scans for the Design and Fabrication of Computer-Assisted Design/Computer-Assisted Manufacturing (CAD/CAM) Polyether-Ether-Ketone (PEEK) Implant-Supported Bars for Maxillary Overdentures. *Scanning*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4274715>
 44. Mendes, E. P., Amorim, L. S., & Lessa, Â. G. (2019). Workflow digital na implantodontia, do planejamento cirúrgico à reabilitação protética: Revisão de Literatura / Digital workflow in implantology, from surgical planning to prosthetic rehabilitation: literature review. *ID on Line REVISTA DE PSICOLOGIA*, 13(47), 1145–1160. <https://doi.org/10.14295/idonline.v13i47.2110>
 45. Mendes, J. J., Viana, J., Cruz, F., Pereira, D., Ferreira, S., Pereira, P., ... Delgado, A. S. (2021). Blood pressure and tooth loss: A large cross-sectional study with age mediation analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010285>
 46. Myneni, V. D., & Mezey, E. (2017). Regulation of bone remodeling by vitamin K2. *Oral diseases*, 23(8), 1021–1028. <https://doi.org/10.1111/odi.12624>
 47. Overmann, A. L., Aparicio, C., Richards, J. T., Mutreja, I., Fischer, N. G., Wade, S. M., ... Dey, D. (2020, July 1). Orthopaedic osseointegration: Implantology and future directions. *Journal of Orthopaedic Research*. John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/jor.24576>
 48. Özalp, Ö., Tezerişener, H. A., Kocabalkan, B., Büyükkaplan, U. Ş., Özarslan, M. M., Kaya, G. Ş., ... Sindel, A. (2018). Comparing the precision of panoramic radiography and cone-beam computed tomography in avoiding anatomical structures critical to dental implant surgery: A retrospective study. *Imaging Science in Dentistry*, 48(4), 269–275. <https://doi.org/10.5624/isd.2018.48.4.269>

49. Papadiochou, S., & Pissiotis, A. L. (2018, April 1). Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques. *Journal of Prosthetic Dentistry*. Mosby Inc. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.07.001>
50. Parker, M. L., Thornton-Evans, G., Wei, L., & Griffin, S. O. (2020). Prevalência e Alterações na Perda Dentária Entre Adultos com Idade ≥ 50 Anos com Condições Crônicas Seleccionadas - Estados Unidos, 1999-2004 e 2011-2016. *MMWR. Relatório semanal de morbidade e mortalidade*, 69(21), 641–646. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6921a1>
51. Pellegrino, G., Bellini, P., Cavallini, P. F., Ferri, A., Zacchino, A., Taraschi, V., Marchetti, C., & Consolo, U. (2020). Dynamic Navigation in Dental Implantology: The Influence of Surgical Experience on Implant Placement Accuracy and Operating Time. An in Vitro Study. *International journal of environmental research and public health*, 17(6), 2153. <https://doi.org/10.3390/ijerph17062153>
52. Pellegrino, G., Lizio, G., Basile, F., Stefanelli, L. V., Marchetti, C., & Felice, P. (2020). Dynamic Navigation for Zygomatic Implants: A Case Report about a Protocol with Intraoral Anchored Reference Tool and an Up-To-Date Review of the Available Protocols. *Methods and protocols*, 3(4), 75. <https://doi.org/10.3390/mps3040075>
53. Probst, L. F., Vanni, T., Cavalcante, D. de F. B., Silva, E. T. da, Cavalcanti, Y. W., Passeri, L. A., & Pereira, A. C. (2019). Cost-effectiveness of implant-supported dental prosthesis compared to conventional dental prosthesis. *Revista de Saude Publica*, 53. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2019053001066>
54. Rammelsberg, P., Lorenzo-Bermejo, J., & Kappel, S. (2017). Effect of prosthetic restoration on implant survival and success. *Clinical Oral Implants Research*, 28(10), 1296–1302. <https://doi.org/10.1111/clr.12974>
55. Rathinavelu, S., Guidry-Elizondo, C., & Banu, J. (2018). Molecular Modulation of Osteoblasts and Osteoclasts in Type 2 Diabetes. *Journal of Diabetes Research*. Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2018/6354787>
56. Ravidà, A., Barootchi, S., Tattan, M., Saleh, M., Gargallo-Albiol, J., & Wang, H. L. (2018). Clinical outcomes and cost effectiveness of computer-guided versus conventional implant-retained hybrid prostheses: A long-term retrospective analysis of treatment protocols. *Journal of periodontology*, 89(9), 1015–1024. <https://doi.org/10.1002/JPER.18-0015>
57. R. Resnik, R. (2019). *Misch's Contemporary implant dentistry* (4.^a ed., pp. 15–855). Canadá: Elsevier. Canadá: Elsevier
58. Romeo, E., Annunziata, M., Blais, A., Bottamedi, S., Capelli, M., & Casentini, P. et al. (2014). *Il successo in implantologia: Diagnosi, piano di trattamento e protocolli operativi*. Edra.

59. Rupp, F., Liang, L., Geis-Gerstorfer, J., Scheideler, L., & Hüttig, F. (2018, January 1). Surface characteristics of dental implants: A review. *Dental Materials*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.09.007>
60. Salhotra, A., Shah, H. N., Levi, B., & Longaker, M. T. (2020, November 1). Mechanisms of bone development and repair. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41580-020-00279-w>
61. Seo, C., & Juodzbalsys, G. (2018). Accuracy of Guided Surgery via Stereolithographic Mucosa-Supported Surgical Guide in Implant Surgery for Edentulous Patient: a Systematic Review. *Journal of Oral and Maxillofacial Research*, 9(1). <https://doi.org/10.5037/jomr.2018.9101>
62. Stadlinger, B., Valdec, S., Wacht, L., Essig, H., & Winklhofer, S. (2020). Renderização cinemática 3D para imagens dentárias e maxilofaciais. *Radiologia facial de Donto maxillo*, 49(1), 20190249. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20190249>
63. Tack, P., Victor, J., Gemmel, P., & Annemans, L. (2016, October 21). 3D-printing techniques in a medical setting: A systematic literature review. *BioMedical Engineering Online*. BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12938-016-0236-4>
64. Tatakis, D. N., Chien, H. H., & Parashis, A. O. (2019). Guided implant surgery risks and their prevention. *Periodontology 2000*. Blackwell Munksgaard. <https://doi.org/10.1111/prd.12292>
65. Whitelock, A. (2013). Elizabeth's bedfellows: an intimate history of the queen's court. Bloomsbury
66. Yang, Z. Z., Wang, H. Y., Lu, L., Wang, C., Zhong, X. Bin, Wang, J. G., & Jiang, Q. C. (2016). Hierarchical TiO₂ spheres as highly efficient polysulfide host for lithium-sulfur batteries. *Scientific Reports*, 6, 1–8. <https://doi.org/10.1038/srep22990>
67. Yeung, M., Abdulmajeed, A., Carrico, C. K., Deeb, G. R., & Bencharit, S. (2020). Precisão e precisão de guias cirúrgicos de implante impressos em 3D com diferentes sistemas de implantes: Um estudo in vitro. *The Journal of prosthetic dentistry*, 123(6), 821–828. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.05.027>
68. Yogui, F. C., Verri, F. R., de Luna Gomes, J. M., Lemos, C. A. A., Cruz, R. S., & Pellizzer, E. P. (2021). Comparison between computer-guided and freehand dental implant placement surgery: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 50(2), 242–250. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2020.08.004>
69. Younes, F., Cosyn, J., De Bruyckere, T., Cleymaet, R., Bouckaert, E., & Eghbali, A. (2018). A randomized controlled study on the accuracy of free-handed, pilot-drill guided and fully guided implant surgery in partially edentulous

- patients. *Journal of clinical periodontology*, 45(6), 721–732.
<https://doi.org/10.1111/jcpe.12897>
70. Zaidi, Q., Danisa, O. A., & Cheng, W. (2019). Measurement Techniques and Utility of Hounsfield Unit Values for Assessment of Bone Quality Prior to Spinal Instrumentation: A Review of Current Literature. *Spine*, 44(4), E239–E244.
<https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002813>
71. Zhan, Y., Wang, M., Cheng, X., Li, Y., Shi, X., & Liu, F. (2021). Evaluation of a dynamic navigation system for training students in dental implant placement. *Journal of dental education*, 85(2), 120–127.
<https://doi.org/10.1002/jdd.12399>